



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 07 989 T2 2004.02.19

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 937 865 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 07 989.6

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 103 114.7

(96) Europäischer Anmeldetag: 17.02.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 25.08.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 21.05.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 19.02.2004

(51) Int Cl.⁷: **F01L 1/344**
F01L 13/00

(30) Unionspriorität:

3879698 20.02.1998 JP

(73) Patentinhaber:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Mikame, Kazuhisa, Toyota-shi, Aichi-ken
471-8571, JP

(54) Bezeichnung: **Variable Ventilzeitsteuervorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf variable Ventilzeitsteuervorrichtungen, die in Brennkraftmaschinen verwendet werden. Noch genauer bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung, die eine Phasenanpassung und eine Hubanpassung zur Ventilzeitsteuerung von Einlassventilen und Auslassventilen mit Nocken aufweist.

[0002] Variable Ventilzeitsteuervorrichtungen für Brennkraftmaschinen übernehmen die Ventilzeitsteuerung von Einlassventilen und Auslassventilen in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine. Eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung weist im Allgemeinen einen Zeitsteuerriemen und ein Zahnriemenrad auf, die eine Nockenwelle synchron mit einer Kurbelwelle drehen.

[0003] Die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 9-60508 beschreibt eine typische variable Ventilzeitsteuervorrichtung, die durch die Fig. 18, 19 und 20 wiedergegeben wird. Die variable Ventilzeitsteuervorrichtung weist eine Phasenanpassung oder ein erstes Stellglied auf, das an einem Ende einer Nockenwelle 1202 angeordnet ist. Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie 18-18 in Fig. 19, während Fig. 19 eine Querschnittsansicht entlang der Linie 19-19 in Fig. 18 ist. Fig. 20 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie 20-20 in Fig. 19.

[0004] Ein Zahnriemenrad 1204, das durch eine (nicht gezeigte) Kurbelwelle angetrieben wird, ist integriert mit einem Gehäuse 1206 gekoppelt. Ein Flügelrad 1208 ist in der Mitte des Gehäuses 1206 angeordnet und mit dem Ende der Kurbelwelle 1202 verbunden, um sich gemeinsam mit der Kurbelwelle 1202 zu drehen.

[0005] Flügel 1210 stehen von der Nabe des Flügelrads 1208 vor, um die Innenwand des Gehäuses 1206 zu berühren. Unterteilungen 1212 stehen vom Gehäuse 1206 nach innen vor, um die Nabenoberfläche des Flügelrads 1208 zu berühren. Hohlräume 1214 sind zwischen den Unterteilungen 1212 definiert. Eine erste Druckkammer 1216 und eine zweite Druckkammer 1218 sind in jedem Hohlraum 1214 zwischen jedem Flügel 1210 und den Unterteilungen 1212 definiert.

[0006] Hydraulikfluid wird in die ersten und zweiten Druckkammern 1216, 1218 geliefert, um das Flügelrad 1208 relativ zum Gehäuse 1206 zu drehen. Als ein Ergebnis wird die Drehphase des Flügelrotors 1208 relativ zum Gehäuse 1206 angepasst. Dies wiederum passt den Drehwinkel der Nockenwelle 1202 relativ zur Kurbelwelle an und variiert die Ventilzeitsteuerung der Einlassventile oder Auslassventile.

[0007] Die Nockenwelle 1202 weist einen Kurbelzapfen 1224 auf, der durch ein Lager 1222 unterstützt wird, das in einem Zylinderkopf der Brennkraftmaschine gebildet wird. Ein Ölkanal, der mit einer Hydraulikeinheit 1220 verbunden ist, erstreckt sich

durch den Zylinderkopf und ist mit einer Ölnut 1226 verbunden, die sich entlang der peripheren Oberfläche des Kurbelzapfens 1224 erstreckt. Die Ölnut 1226 ist mit Ölleitungen 1227, 1228 verbunden, die sich durch die Nockenwelle 1202 erstrecken. Die Ölleitung 1228 ist weiterhin mit Ölleitungen 1230, 1232 verbunden, die sich durch das Flügelrad 1208 erstrecken und in die ersten Druckkammern 1216 führen. Demgemäß wird Hydraulikfluid von der Hydraulikeinheit 1220 durch den Ölkanal, die Ölnut 1226 und die Ölleitungen 1227, 1228, 1230, 1232 in die ersten Druckkammern 1216 gedrückt. Ein weiterer Ölkanal, der mit der Hydraulikeinheit 1220 verbunden ist, erstreckt sich durch den Zylinderkopf und ist mit einer Ölnut 1236 verbunden, die sich entlang einer peripheren Oberfläche des Kurbelzapfens 1224 erstreckt. Die Ölnut 1236 ist mit einer Ölleitung 1238 verbunden, die sich durch die Nockenwelle 1202 erstreckt. Die Ölleitung 1238 ist weiterhin mit Ölleitungen 1240, 1242, 1244 verbunden, die sich durch das Flügelrad 1208 erstrecken und in die zweiten Druckkammern 1218 führen. Demgemäß wird Hydraulikdruck zwischen der Hydraulikeinheit 1220 und den zweiten Druckkammern 1218 durch den Ölkanal, die Ölnut 1236 und die Ölleitungen 1238, 1240, 1242, 1244 übertragen.

[0008] Zusätzlich zum ersten Stellglied ist eine Hubanpassung oder ein zweites Stellglied ebenfalls im Stand der Technik bekannt, das in einer variablen Ventilzeitsteuervorrichtung dazu verwendet wird, die Größe des Hubs und die Zeitsteuerung von Einlass- oder Auslassventilen mit einer dreidimensionalen Nocke zu ändern. Die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 9-32519 offenbart ein typisches zweites Stellglied, das durch Fig. 21 wiedergegeben wird. Dreidimensionale Nocken 1302 sind auf einer Nockenwelle 1304 angeordnet. Ein Zeitsteuerungszahnriemenrad 1306 ist auf einem Ende der Nockenwelle 1304 angeordnet. Das Zeitsteuerungszahnriemenrad 1306 ist so gelagert, dass es axial entlang der Nockenwelle 1304 gleitet und gemeinsam mit ihr dreht. Ein Zylinder 1308 ist auf einer Seite des Zeitsteuerungszahnriemenrads 1306 angeordnet. Ein Kolben 1310, der am Ende der Nockenwelle 1304 befestigt ist, wird in den Zylinder 1308 eingebracht. Eine Druckkammer 1312 ist zwischen einer Seite des Kolbens 1310 und der Innenwand des Zylinders 1308 definiert. Eine zusammengedrückte Feder 1314 ist zwischen der anderen Seite des Kolbens 1310 und dem Zeitsteuerungszahnriemenrad 1306 angeordnet. Wenn der Druck in der Druckkammer 1312 hoch ist, zwingt der Kolben 1310 die Nockenwelle 1304 gegen die Kraft der Feder 1314 (in der Fig. 21 gesehen) nach rechts. Wenn der Druck in der Druckkammer 1312 niedrig ist, drückt die Feder 1314 den Kolben 1310 und zwingt die Nockenwelle 1304 nach links.

[0009] Hydraulikfluid wird von einem Ölsteuerventil 1318 durch Ölleitungen 1322, 1324, die sich durch ein Lager 1320 erstrecken, Ölleitungen 1326, 1328, die sich durch die Nockenwelle 1304 erstrecken und

eine Ölleitung **1332**, die sich durch einen Bolzen **1330** erstreckt, an die Druckkammer **1312** geliefert. Der Bolzen **1330** befestigt den Kolben **1310** an der Nockenwelle **1304**. Ein Mikrocomputer **1316** steuert das Ölsteuerventil **1318** so, dass es den Hydraulikdruck in der Druckkammer **1312** anpasst und die axiale Position der Nockenwelle **1304** ändert.

[0010] Demgemäß wird die Kontaktposition zwischen jeder dreidimensionalen Nocke **1302** und dem zugehörigen Ventilhebemechanismus so angepasst, dass sie die Öffnungsdauer des zugehörigen Einlassventils oder Auslassventils in Übereinstimmung mit dem Profil des Nockens **1302** verändert. Dies verändert die Ventilzeitsteuerung.

[0011] Wenn die Drehphase einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle mit dem ersten Stellglied aus dem Stand der Technik geändert wird, um die Ventilzeitsteuerung zu ändern, werden die Öffnungs- und Schließzeiten der Ventile beide in gleicher Weise verändert. Das heißt, wenn die Öffnungszeit vorverlegt wird, wird die Schließzeit entsprechend vorverlegt, und wenn die Öffnungszeit verzögert wird, wird die Schließzeit entsprechend verzögert. Wenn andererseits die Hubgröße der Ventile mit dem zweiten Stellglied aus dem Stand der Technik geändert wird, um die Ventilzeitsteuerung zu verändern, wird die Öffnungszeit und die Schließzeit der Ventile umgekehrt proportional dazu variiert. Das heißt, wenn die Öffnungszeit um eine bestimmte Rate verzögert wird, wird die Schließzeit um dieselbe Rate vorgezogen, und wenn die Öffnungszeit um eine bestimmte Rate vorgezogen wird, wird die Schließzeit um dieselbe Rate verzögert. Daher können die Öffnungs- und Schließzeiten der Ventile nicht unabhängig voneinander verändert werden. Dies beschränkt die Kontrolle der Ventilzeitsteuerung.

[0012] Um dieses Problem zu lösen, können das erste Stellglied und das zweite Stellglied gemeinsam auf einer Nockenwelle angeordnet werden, um sowohl die Drehphase einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle als auch die Hubhöhe der Ventile anzupassen. Dies würde die Beschränkungen der Öffnungs- und Schließzeitsteuerung verringern.

[0013] Beispielsweise kann, wie in **Fig. 22** gezeigt, die eine Einlassnockenwelle **1402** und eine Auslassnockenwelle **1404** veranschaulicht, ein erstes Stellglied **1408** an einem Ende der Einlassnockenwelle **1402** angeordnet sein, und ein zweites Stellglied **1410** kann am anderen Ende der Einlassnockenwelle **1402** angeordnet sein. Das erste Stellglied **1408** weist ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **1406** auf.

[0014] Ein solcher Mechanismus ist beispielsweise in der EP-A-0818611 offenbart, die die Grundlage für den Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche bildet.

[0015] Der durch Einrichten des ersten Stellglieds **1408** und des zweiten Stellglieds **1410** auf der gleichen Einlassnockenwelle **1402** gebildete Aufbau ergibt jedoch eine längere Nockenwelle **1402**. Dies würde auch die Größe der Brennkraftmaschine erhöhen und mehr Raum in dem Motorabteil benötigen,

und Raum ist sehr knapp.

[0016] Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung zu schaffen, welche eine Phasenanpassung und eine Hubanpassung aufweist, die eine unbegrenzte Steuerung der Ventilöffnungszeit ermöglicht, ohne zusätzlichen Raum im Motorabteil zu benötigen.

[0017] Um die vorstehende Aufgabe zu lösen, schafft die vorliegende Erfindung eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung, die in einer Brennkraftmaschine verwendet wird, um die Ventilöffnungszeit von Einlassventilen oder Auslassventilen zu verändern. Die Brennkraftmaschine weist eine Kurbelwelle, eine Einlassnockenwelle zum Antrieb der Einlassventile, eine Auslassnockenwelle zum Antrieb der Auslassventile, und ein Getriebe bzw. eine Transmission zum Übertragen von Drehungen zwischen der Kurbelwelle, der Einlassnockenwelle und der Auslassnockenwelle auf. Die variable Ventilzeitsteuervorrichtung weist ein erstes Stellglied auf, das entweder auf der Einlassnockenwelle oder der Auslassnockenwelle angeordnet ist, und ein zweites Stellglied, das auf der anderen Nockenwelle angeordnet ist. Das erste Stellglied passt die Drehphase der Einlassnockenwelle oder der Auslassnockenwelle relativ zur Kurbelwelle an. Das zweite Stellglied passt den Ventilhub der Ventile an, die von der Nockenwelle angetrieben werden, an der das zweite Stellglied angeordnet ist.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

[0019] **Fig. 1** ist eine perspektivische Teilansicht kombiniert mit einem Blockschaubild, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet;

[0020] **Fig. 2** ist eine perspektivische Teilansicht, welche die Auslassnocke der **Fig. 1** zeigt;

[0021] **Fig. 3** ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein erstes Stellglied zeigt, das in der variablen Ventilzeitsteuervorrichtung der **Fig. 1** eingebaut ist;

[0022] **Fig. 4** ist eine Ansicht vom Ende her, die das Innere des ersten Stellglieds zeigt;

[0023] **Fig. 5** ist eine teilweise geschnittene Ansicht entlang der Linie 5-5 in **Fig. 4**;

[0024] **Fig. 6** ist eine teilweise geschnittene Ansicht, welche den Verriegelungsstift der **Fig. 5** in einem betätigten Zustand zeigt;

[0025] **Fig. 7** ist wie **Fig. 4** eine Ansicht vom Ende her, die das Flügelrad des ersten Stellglieds der **Fig. 4** in einem gedrehten Zustand zeigt;

[0026] **Fig. 8** ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein zweites Stellglied zeigt, das in der variablen Ventilzeitsteuervorrichtung der **Fig. 1** enthalten ist;

[0027] **Fig. 9** ist eine perspektivische Teilansicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf-

weist;

[0028] **Fig. 10** ist eine perspektivische Teilansicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem ersten Beispiel aufweist;

[0029] **Fig. 11** ist eine perspektivische Teilansicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem zweiten Beispiel aufweist

[0030] **Fig. 12** ist eine perspektivische Teilansicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem dritten Beispiel verwendet;

[0031] **Fig. 13** ist eine schematische Draufsicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem vierten Beispiel verwendet;

[0032] **Fig. 14** ist eine schematische Draufsicht, die eine Brennkraftmaschine zeigt, welche eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem fünften Beispiel verwendet;

[0033] **Fig. 15** ist eine teilweise geschnittene Ansicht, die ein zweites Stellglied zeigt, das in einer variablen Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem sechsten Beispiel enthalten ist;

[0034] **Fig. 16** ist eine Ansicht wie **Fig. 15**, welche das zweite Stellglied der **Fig. 15** in einem Zustand zeigt, in dem die Größe des Ventilhubes verringert ist;

[0035] **Fig. 17** ist eine schematische Draufsicht, welche ein zweites Stellglied zeigt, das in einer variablen Ventilzeitsteuervorrichtung nach einem siebten Beispiel enthalten ist; **Fig. 18** ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung aus dem Stand der Technik zeigt; die ein erstes Stellglied verwendet;

[0036] **Fig. 19** ist eine Schnittansicht entlang der Linie 19-19 in **Fig. 18**;

[0037] **Fig. 20** ist eine teilweise geschnittene Ansicht entlang der Linie 20-20 in **Fig. 11**;

[0038] **Fig. 21** ist eine teilweise geschnittene Ansicht zusammen mit einem Blockschaubild, die ein zweites Stellglied zeigt, das in einer variablen Ventilzeitsteuervorrichtung aus dem Stand der Technik verwendet wird; und

[0039] **Fig. 22** ist eine schematische Draufsicht, die ein Beispiel einer variablen Ventilzeitsteuervorrichtung nach dem Stand der Technik zeigt, die ein erstes Stellglied und ein zweites Stellglied verwendet;

[0040] Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **8** beschrieben. In der ersten Ausführungsform wird eine variable Ventilzeitsteuervorrichtung **10** auf einer Einlassnockenwelle und einer Auslassnockenwelle einer Brennkraftmaschine angeordnet.

[0041] **Fig. 1** zeigt einen Reihen-Vierzylinder-Benzinmotor **11**, der in einem Automobil montiert ist. Die Brennkraftmaschine **11** weist einen Zylinderblock **13** auf, der Kolben **12** (von denen nur einer gezeigt wird) enthält, eine Ölwanne **13a**, die unter dem Zylinderblock **13** angeordnet ist, und einen Zylinderkopf, der

den Zylinderblock **13** bedeckt.

[0042] Eine Kurbelwelle **15** ist drehbar im unteren Abschnitt der Brennkraftmaschine **11** gelagert. Jeder Kolben **12** ist mit der Kurbelwelle **15** durch ein Verbindungspleuel **16** verbunden. Das Verbindungspleuel **16** wandelt die Hin- und Her-Bewegung des Kolbens **12** in eine Drehung der Kurbelwelle um. Eine Brennkammer **17** ist über dem Kolben **12** definiert. Ein Einlasskrümmer **18** und ein Auslasskrümmer **19** sind mit der Brennkammer **17** verbunden. Jede Brennkammer **17** und der Einlasskrümmer **18** werden selektiv durch Einlassventile **20** miteinander verbunden und voneinander getrennt. Jede Brennkammer **17** und der Auslasskrümmer **19** werden durch Auslassventile **21** selektiv miteinander verbunden und voneinander getrennt.

[0043] Eine Einlassnockenwelle **22** und eine parallele Auslassnockenwelle **23** erstrecken sich durch den Zylinderkopf **14**. Die Einlassnockenwelle **22** ist so gelagert, dass sie im Zylinderkopf **14** drehbar, jedoch axial fest ist. Die Auslassnockenwelle **23** ist gelagert, dass sie im Zylinderkopf **14** drehbar und axial beweglich ist.

[0044] Eine Phasenanpassung oder ein erstes Stellglied **24**, das ein Einlasszeitsteuerungszahnriemenrad **24a** aufweist, ist an einem Ende der Nockenwelle **22** angeordnet. Das erste Stellglied **24** dreht die Einlassnockenwelle **22** relativ zum Zeitsteuerungszahnriemenrad **24a** und passt die Drehphase der Einlassnockenwelle **22** relativ zur Kurbelwelle **15** an. Eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **25**, das ein Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **25a** aufweist, ist auf einem Ende der Auslassnockenwelle **23** angeordnet, die zum ersten Stellglied **24** gehört. Das zweite Stellglied **25** bewegt die Auslassnockenwelle **23** axial, um die Hubgröße und die Öffnungsdauer der Auslassventile **21** anzupassen. Das Einlasszeitsteuerungszahnriemenrad **24a** und das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **25** sind über einen Zahnriemen **26** mit einem Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad **15a** verbunden, das an einer Kurbelwelle **15** befestigt ist. Der Zahnriemen **26** überträgt die Drehung der Kurbelwelle **15**, die als eine Antriebswelle dient, an die Einlassnockenwelle **22** und die Auslassnockenwelle **23**, die als angetriebene Wellen dienen. Daher werden die Einlassnockenwelle **22** und die Auslassnockenwelle **23** synchron mit der Kurbelwelle **25** gedreht.

[0045] Zugehörig zu jedem Einlassventil **20** ist eine Einlassnocke **27** an der Einlassnockenwelle **22** angeordnet. Jede Einlassnocke **27** berührt die Spitze des zugehörigen Einlassventils **20**. Eine Auslassnocke **28** ist auf der Auslassnockenwelle **23** in Übereinstimmung mit jedem Auslassventil **21** angeordnet. Jede Auslassnocke **28** berührt die Spitze des zugehörigen Einlassventils **21**. Die Drehung der Einlassnockenwelle **22** öffnet und schließt die Einlassventile **20** mit den zugehörigen Einlassnocken **27**, während die Drehung der Auslassnockenwelle **23** die Auslassventile **21** mit den zugehörigen Auslassnocken **28** öffnet

und schließt.

[0046] Die Profile der Einlassnocken 27 ändern sich in der Axialrichtung der Einlassnockenwelle 22 nicht. Wie in Fig. 2 gezeigt, ändern sich jedoch die Profile der Auslassnocken 28 kontinuierlich in der Axialrichtung der Auslassnockenwelle 23. Daher wirkt jede Auslassnocke 27 als eine dreidimensionale Nocke.

[0047] Eine Bewegung der Auslassnockenwelle 23 in der Richtung des Pfeils A, wie in den Fig. 1 und 2 gesehen, verursacht, dass jede Auslassnocke 27 allmählich den Ventilhub des zugehörigen Auslassventils 21 erhöht. Dies zieht allmählich die Öffnungszeit der Auslassventile 21 vor und verzögert die Schließzeit der Auslassventile 21. Daher erhöht sich allmählich die Öffnungsdauer der Auslassventile 21. Eine Bewegung der Auslassnockenwelle 23 entgegen der durch den Pfeil A angezeigten Richtung verursacht, dass jede Auslassnocke 28 allmählich den Hubbetrag der zugehörigen Auslassventile 21 verringert. Dies verzögert allmählich die Öffnungszeit der Auslassventile 21 und zieht den Schließzeitpunkt der Auslassventile 21 vor. Daher verringert sich allmählich die Öffnungsdauer der Auslassventile 21. Demgemäß passt eine axiale Bewegung der Auslassnockenwelle 23 den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile 21 an.

[0048] Das erste Stellglied 24 und sein hydraulischer Antriebsaufbau werden nun mit Bezug auf die Fig. 3 bis 6 genau beschrieben, wie in Fig. 3 gezeigt, weist die Einlassnockenwelle 22 einen Kurbelzapfen 22a auf. Der Zylinderkopf 14 weist ein Lager 14a und eine Lagerabdeckung 30 auf. Der Kurbelzapfen 22a wird zwischen dem Lager 14a und der Lagerabdeckung 30 so unterstützt, dass die Einlassnockenwelle 22 drehbar ist. Ein Flügelrotor 34 ist durch einen Bolzen 32 an einem Ende der Einlassnockenwelle 22 befestigt. Ein (nicht gezeigter) Sicherungsstift fixiert den Flügelrotor 34 an der Einlassnockenwelle 22. Dies dreht den Flügelrotor 34 integriert mit der Einlassnockenwelle 22. Flügel 36 gehen vom Flügelrotor 34 aus.

[0049] Die Einlasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 24a, die auf dem Ende der Einlassnockenwelle 22 angeordnet und relativ zur Einlassnockenwelle 22 drehbar ist, weist eine Vielzahl von Außenzähnen 24b auf. Eine Endplatte 38, ein Gehäusekörper 40 und eine Abdeckung 42, die ein Gehäuse definieren, sind durch einen Bolzen 44 an der Einlasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 24a befestigt, um sich zusammen mit der Einlasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 24a zu drehen. Die Abdeckung 42 deckt den Gehäusekörper 40 mit dem darin untergebrachten Flügelrotor 34 ab. Eine Vielzahl von Vorsprüngen 46 steht von der inneren Wand des Gehäusekörpers 40 vor.

[0050] Eine Bohrung 48 erstreckt sich in der Axialrichtung der Einlassnockenwelle in einen der Flügel 36. Ein beweglicher Verriegelungsstift 50 ist in der Bohrung 48 untergebracht. Der Verriegelungsstift 50 weist ein Loch 50a auf, in dem eine Feder 54 gehalten

wird, um den Verriegelungsstift 50 in Richtung der Endplatte 34 zu drücken. Ein Sockel 52 ist in der Endplatte 38 vorgesehen. Wenn der Verriegelungsstift 50 mit dem Sockel 52 ausgerichtet ist, zwingt die Feder 54 den Verriegelungsstift 73 dazu, in den Sockel 52 einzutreten. In diesem Zustand sind die Endplatte 38 und der Flügelrotor 34 gegeneinander so fixiert, dass ihre relativen Positionen festliegen. Dies verhindert eine relative Drehung zwischen dem Gehäusekörper 40 und dem Flügelrotor 34 und dreht die Einlassnockenwelle 22 integriert mit der Einlasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 24a.

[0051] Eine Ölnut 56 erstreckt sich entlang der vorderen Oberfläche des Flügelrotors 34. Die Ölnut 56 verbindet die Verriegelungsstiftbohrung 48 mit einer bogenförmigen Öffnung 58, die sich durch die Abdeckung 52 erstreckt. Die Ölnut 56 und die bogenförmige Öffnung 58 bewirken, dass Luft oder Öl, das sich zwischen der Abdeckung 42 und dem Verriegelungsstift 50 in der Bohrung 48 befindet, nach außen abgegeben wird.

[0052] Wie in Fig. 4 gezeigt, ist eine zylindrische Nabe 60 am Mittelabschnitt des Flügelrotors 34 vorgesehen. Gleichmäßig beabstandete Flügel 36 erstrecken sich radial von der Nabe 60 weg. Beispielsweise erstrecken sich in der bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsform vier Flügel 36, die voneinander mit 90 Grad beabstandet sind, von der Nabe 60 weg.

[0053] Vier Vorsprünge 46, die wie die Flügel 36 gleich beabstandet sind, stehen von der inneren Wand des Gehäusekörpers 40 vor. Ein Hohlraum 62 ist zwischen jedem Paar von benachbarten Vorsprüngen 46 definiert. Einer der Flügel 36 erstreckt sich in jeden Hohlraum 62. Jeder Flügel 36 berührt die Innenwand des Gehäusekörpers 40 im zugehörigen Hohlraum 62. Jeder Vorsprung 46 berührt die zylindrische Oberfläche der Nabe 60. Eine erste Druckkammer 64 ist in jedem Hohlraum 62 auf einer Seite des Flügels 36 festgelegt, und eine zweite Druckkammer 66 ist auf der anderen Seite des Flügels 36 festgelegt. Die Flügel 36 sind zwischen dem zugehörigen Paar von Vorsprüngen 46 beweglich. Daher begrenzt der Kontakt zwischen den Flügeln 36 und den zugehörigen Vorsprüngen 46 die Drehung des Flügelrotors 34 relativ zum Gehäusekörper 40 zwischen zwei Positionen. In anderen Worten wird die Drehung des Flügelrotors 34 relativ zum Gehäusekörper 40 auf einen Bereich begrenzt, der zwischen den zwei Positionen definiert ist.

[0054] Der Pfeil in Fig. 4 zeigt die Drehrichtung der Einlasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 24a. Jede zweite Druckkammer 66 ist auf der voreilenden Seite des zugehörigen Flügels 36 angeordnet; während jede erste Druckkammer 64 auf der nachziehenden Seite des zugehörigen Flügels 36 angeordnet ist. Die Drehrichtung entspricht einer Vorziehrichtung zum Vorziehen der Ventilzeitsteuerung. Die Richtung entgegen der Drehrichtung entspricht einer Verzögerungsrichtung zum verzögern der Ventilzeitsteuerung.

rung. Hydrauliköl wird in die ersten Druckkammern **64** gedrückt, um die Ventilzeitsteuerung vorzuziehen, während Hydrauliköl in die zweiten Druckkammern **66** gedrückt wird, um die Ventilzeitsteuerung zu verzögern.

[0055] Ein Flügelgraben **68** erstreckt sich in der Axialrichtung entlang der äußeren Oberfläche jedes Flügels **36**. Entsprechend erstreckt sich ein Vorsprungsgraben **70** entlang der Innenoberfläche jedes Vorsprungs **46**. Ein Abdichtungsteil **72** und eine Blattfeder **74**, um das Abdichtungsteil **72** radial nach außen zu drücken, sind in jedem Flügelgraben **68** angeordnet. In gleicher Weise sind ein Abdichtteil **76** und eine Blattfeder **78**, um das Abdichtteil **76** radial nach innen zu drücken, in jedem Vorsprungsgraben **70** angeordnet.

[0056] Der Betrieb des Verriegelungsstifts **50** wird nun mit Bezug auf die **Fig. 5** und **6** beschrieben. **Fig. 5** zeigt den Flügelrotor **34** an der am weitesten verzögerten Position, in der jeder Flügel **36** gegen den zugehörigen Vorsprung **46** auf der Verzögerungsseite anstößt. In diesem Zustand ist der Verriegelungsstift **50** gegenüber dem Sockel **52** verschoben. Das heißt, das äußere Ende **50b** des Verriegelungsstifts **50** ist außerhalb des Sockels **52** angeordnet.

[0057] Der Hydraulikdruck in den ersten Druckkammern **64** ist 0 oder ungenügend, wenn die Brennkraftmaschine **11** gestartet wird oder bevor eine elektronische Steuereinheit (ECU) **180** eine Hydraulikdrucksteuerung beginnt. In diesem Zustand erzeugt das Kurbeln der Brennkraftmaschine **11** ein Gegendrehmoment, das den Flügelrotor **34** relativ zum Gehäusekörper **40** in der Vorwärtsrichtung bewegt. Somit wird der Verriegelungsstift **50** bewegt, bis er, wie in **Fig. 6** gezeigt, mit dem Sockel **52** in einer Linie ist und dort hineingeht. Dies verhindert eine relative Drehung zwischen dem Flügelrotor **34** und dem Gehäusekörper **40**. In anderen Worten drehen sich der Flügelrotor **34** und der Gehäusekörper **40** während des Kurbelns integriert miteinander.

[0058] Wie in den **Fig. 5** und **6** gezeigt, erstreckt sich eine Öldurchführung **80** von der zugehörigen zweiten Druckkammer **66** durch den Flügel **36** zu einem ringförmigen Raum **82**, der in der Bohrung **48** definiert ist. Der Hydraulikdruck im ringförmigen Raum **82** wird durch die Ölleitung **80** erhöht, um den Verriegelungsstift **50** gegen die Spannkraft der Feder **54** aus dem Sockel **52** zu bewegen, um den Verriegelungsstift **50** zu lösen. Ein weiterer Öldurchlass **84** erstreckt sich von der zugehörigen ersten Druckkammer **64** durch den Flügel **36**, um den Sockel **52** mit Hydraulikdruck zu versorgen, wenn der Verriegelungsstift **50** vom Sockel **52** gelöst wird. Dies hält den Verriegelungsstift **50** im gelösten Zustand. Eine relative Drehung zwischen dem Gehäusekörper **40** und dem Flügelrotor **34** wird erlaubt, wenn der Verriegelungsstift **50** gelöst ist. In diesem Zustand wird die Drehphase des Flügelrotor **34** relativ zum Gehäusekörper **40** in Übereinstimmung mit dem Hydraulik-

druck der ersten und zweiten Druckkammern **64**, **66** angepasst.

[0059] Nun wird mit Bezug auf **Fig. 3** ein Aufbau zum Liefern von Hydrauliköl an die ersten und zweiten Druckkammern **64**; **66** beschrieben. Eine erste Ölleitung **86** und eine zweite Ölleitung **88** erstreckt sich durch den Zylinderkopf **14**. Die erste Ölleitung **86** ist mit einer Ölleitung **94**, die sich durch die Einlassnockenwelle erstreckt, durch eine Ölnut **90**, die sich entlang der äußeren Oberfläche der Einlassnockenwelle **22** erstreckt, und ein Ölloch **92**, das sich durch den Kurbelzapfen **22a** erstreckt, verbunden. Die Ölleitung **94** führt in einen ringförmigen Raum **96**, der in der Flügelrotornabe **60** definiert ist. vier Ölleitungen **98** erstrecken sich radial von dem ringförmigen Raum **96**. Jede Ölleitung **98** ist mit einer der ersten Kammern **64** verbunden. Daher wird das an den ringförmigen Raum **96** gelieferte Hydrauliköl durch die verbundenen Ölleitungen **98** in die ersten Druckkammern **64** gesendet.

[0060] Die zweite Ölleitung **88** ist mit einer Ölleitung **100** verbunden, die sich entlang der äußeren Oberfläche der Einlassnockenwelle **22** erstreckt. Die Einlassnockenwelle weist ein Ölloch **102**, eine Ölleitung **104**, ein Ölloch **106** und eine Ölnut **108** auf. Die Ölnut **108** ist mit Ölkerben **110** verbunden, die an der Endfläche des Zeitsteuerungs Zahnriemenrads **24a** gebildet werden. Wie in den **Fig. 3** und **4** gezeigt, erstrecken sich die Öllöcher **112** durch die Endplatte **38**, um sich jeweils an einem Ort in der Nähe der Vorsprünge **46** zu öffnen. Jedes Ölloch **112** ist mit einer der Ölkerben **110** verbunden und führt in eine zugehörige zweite Druckkammer **66**. Daher wird das Hydrauliköl in den Ölkerben **110** durch das Ölloch **112** in die zweite Druckkammer **66** geliefert.

[0061] Die erste Ölleitung **86**, die Ölnut **90**, das Ölloch **92**, die Ölleitung **94**, der ringförmige Raum **96** und die Öllöcher **98** legen einen ersten Öldurchlass **P1** fest, um Hydrauliköl an die ersten Druckkammern **64** zu liefern. Die zweite Ölleitung **88**, die Ölnut **108**, die Ölleitung **104**, das Ölloch **106**, die Ölnut **108**, die Ölkerben **110** und die Öllöcher **112** legen einen zweiten Öldurchlass **P2** fest, um Hydrauliköl an die zweiten Druckkammern **66** zu liefern. Die ECU **180** treibt ein erstes Ölsteuerventil **114** an, um die Flüsse des Hydrauliköls zu den und die Drücke in den ersten und zweiten Druckkammern **64**, **66** durch die zugehörigen ersten und zweiten Öldurchlässe **P1**, **P2** zu steuern.

[0062] Der Flügel **36**, der die Verriegelungsstiftbohrung **48** aufweist, weist eine Ölleitung **84** auf, wie in den **Fig. 4** und **5** gezeigt. Die Ölleitung **84** verbindet die zugehörige erste Druckkammer **64** mit dem Sockel **52**, um den Hydraulikdruck der ersten Druckkammer **64** an den Sockel **52** weiterzugeben.

[0063] Ein ringförmiger Ölraum **82** ist ebenso in der verriegelungsstiftbohrung **48** zwischen dem Verriegelungsstift **50** und dem Flügel **36** definiert. Wie in den **Fig. 4** und **5** gezeigt, ist der ringförmige Ölraum **82** durch eine Ölleitung **80** mit der zugehörigen zwei-

ten Druckkammer 66 verbunden. Daher wird der Hydraulikdruck der zweiten Druckkammer 66 an den ringförmigen Ölraum 82 weitergegeben.

[0064] Das erste Ölsteuerventil 114 weist ein Gehäuse 116 auf. Das Gehäuse 116 weist einen ersten Ein-/Auslassanschluss 118, einen zweiten Ein-/Auslassanschluss 120, einen ersten Auslassanschluss 122, einen zweiten Auslassanschluss 124 und einen Versorgungsanschluss 126 auf. Der erste Ein-/Auslassanschluss 118 ist mit dem ersten Öldurchlass P1 verbunden, während der zweite Ein-/Auslassanschluss 120 mit dem zweiten Öldurchlass P2 verbunden ist. Der Versorgungsanschluss 126 ist mit einem Versorgungskanal 128 verbunden, durch den von einer Ölpumpe P Hydrauliköl geliefert wird. Die ersten und zweiten Auslassanschlüsse 122, 124 sind mit einem Auslasskanal 130 verbunden. Ein Ventilkolben 138, der vier Ventilelemente 132 aufweist, ist in dem Gehäuse 116 untergebracht. Eine Schraubenfeder 134 und ein Elektromagnet 136 drücken den Kolben 138 jeweils in unterschiedliche Richtungen.

[0065] Wenn der Elektromagnet 136 abgeschaltet wird, wird der Ventilkolben 138 durch die Kraft der Schraubenfeder 134 zu einer Seite des Gehäuses 116 (in Fig. 3 zur rechten Seite) bewegt. Dies verbindet den ersten Ein-/Auslassanschluss 118 mit dem ersten Auslassanschluss 122 und den zweiten Ein-/Auslassanschluss 120 mit dem Einlassanschluss 126. In diesem Zustand wird das in der Ölwanne 13a enthaltene Hydrauliköl durch den Versorgungskanal 128, das erste Ölsteuerventil 114, und den zweiten Öldurchlass P2 an die zweiten Druckkammern 66 gesendet. Zusätzlich wird das Hydrauliköl in den ersten Öldruckkammern 64 durch den ersten Öldurchlass P1, das erste Ölsteuerventil 114 und den Auslasskanal 130 an die Ölwanne 13a zurückgeführt. Als ein Ergebnis drehen sich der Flügelrotor 34 und die Einlassnockenwelle 22 relativ zum Zeitsteuerungszahnriemenrad 24a in einer Richtung entgegen der Drehrichtung des Zeitsteuerungszahnriemenrads 24a. Daher wird die Einlassnockenwelle 22 verzögert.

[0066] Wenn der Elektromagnet 136 erregt wird, wird die Spule 138 zur anderen Seite des Gehäuses 116 (in Fig. 3 nach links) bewegt, entgegen der Kraft der Schraubenfeder 134. Dies verbindet den zweiten Ein-/Auslassanschluss 120 mit dem zweiten Auslassanschluss 124 und den ersten Ein-/Auslassanschluss 118 mit dem Einlassanschluss 126. In diesem Zustand wird das in der Ölwanne 13a enthaltene Hydrauliköl durch den Einlasskanal 128, das erste Ölsteuerventil 114 und den ersten Öldurchlass P1 an die ersten Druckkammern 64 gesendet. Zusätzlich wird das Hydrauliköl in den zweiten Druckkammern 66, durch den zweiten Öldurchlass P1, das erste Ölsteuerventil 114 und den Auslassanschluss 130 an die Ölwanne 13a zurückgeführt. Als ein Ergebnis drehen sich das Flügelrad 34 und die Einlassnockenwelle 22 relativ zum Zeitsteuerungszahnriemenrad 24a in der Drehrichtung des Zeitsteuerungszahnriemen-

rads 24a, Daher wird die Einlassnockenwelle vorverlagert. Beispielsweise kann die Einlassnockenwelle von dem in Fig. 4 gezeigten Zustand zum in Fig. 7 gezeigten Zustand nach vorn verlagert werden.

[0067] Durch eine weitere Steuerung des Stroms, der an den Elektromagneten 136 gegeben wird, um den Ventilkolben 138 im Gehäuse 116 in einer Zwischenposition anzuordnen, werden die ersten und zweiten Ein-/Auslassanschlüsse 118, 120 geschlossen. Daher wird der Fluß von Hydrauliköl durch jeden Ein-/Auslassanschluss 118, 120 verhindert. In diesem Zustand wird Hydrauliköl weder an die ersten und zweiten Druckkammern 64, 66 geliefert noch von dort abgeführt. Dies hält das Hydrauliköl, das in den Druckkammern 64, 65 ist. Daher wird die Einlassnockenwelle 22 von der Kurbelwelle 15 gedreht; wobei der Flügelrotor 34 und die Einlassnockenwelle 22 in einer festen Beziehung zueinander, z. B. in der Position, die in Fig. 4 oder in Fig. 7 gezeigt ist, verriegelt sind.

[0068] Die Einlassnockenwelle 22 wird normalerweise verzögert, um die Ventilzeitsteuerung der Einlassventile 20 zu verzögern, wenn die Brennkraftmaschine 11 in einem niedrigen Drehzahlbereich läuft, und wenn die Brennkraftmaschine 11 in einem hohen Drehzahlbereich läuft, wobei eine hohe Last angewendet wird. Dies stabilisiert den Betrieb der Brennkraftmaschine 11 durch Verringern des Ventilüberlappens (der Zeit, während der sowohl die Einlassventile 20 als auch die Auslassventile 21 geöffnet sind), wenn die Brennkraftmaschine 11 im niedrigen Drehzahlbereich fährt. Eine Verzögerung der Schließzeitsteuerung der Einlassventile 20, wenn die Brennkraftmaschine 11 in einem hohen Drehzahlbereich mit einer hohen wirkenden Last läuft, verbessert die Einlasseffizienz des Luft-Brennstoff-Gemischs, das in jede Brennkammer 17 gesaugt wird. Zudem wird die Einlassnockenwelle 22 normalerweise vorverschoben, um die Ventilzeitsteuerung der Einlassventile 20 vorzuziehen, wenn die Brennkraftmaschine 11 in einem niedrigen oder mittleren Lastzustand läuft. Ein Vorziehen der Ventilzeitsteuerung der Einlassventile 20 erhöht die Ventilüberlappung und verringert Pumpverluste, was die Brennstoffeffizienz verbessert.

[0069] Nun werden mit Bezug auf Fig. 8 das zweite Stellglied 25 und sein hydraulischer Antriebsaufbau genauer beschrieben. Wie in Fig. 8 gezeigt, weist das zweite Stellglied 25 die Auslasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 25a auf. Die Auslasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 25a weist eine Hülse 151 auf, durch die sich die Auslassnockenwelle 23 erstreckt, eine kreisförmige Platte 152, die sich von der äußeren Oberfläche der Hülse 151 erstreckt, und Außenzähne 153, die sich von der Peripherie der ringförmigen Platte 152 erstrecken. Das Lager 14a des Zylinderkopfs 14 lagert die Hülse 151 der Auslasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 25a drehbar. Die Auslassnockenwelle 23 wird so gelagert, dass sie axial durch die Hülse 151 gleitet.

[0070] Eine Zahnriemenradabdeckung 154 ist durch Bolzen 155 an der Auslasszeitsteuerungszahnriemenscheibe 25a befestigt. Gerade Innenzähne 157, die sich in der Axialrichtung der Auslassnockenwelle 23 erstrecken, sind entlang der inneren Oberfläche der Zahnriemenradabdeckung 154 in Verbindung mit dem Endabschnitt der Auslassnockenwelle 23 angeordnet.

[0071] Ein Hohlringzahnrad 162 ist an dem Ende der Auslassnockenwelle 23 durch einen Hohlbolzen 158 und einen Stift 159 befestigt. Gerade Zähne 163, die mit den Innenzähnen 157 der Zahnriemenradabdeckung 154 im Eingriff stehen, erstrecken sich entlang der peripheren Oberfläche des Ringzahnrades 162. Die geraden Zähne 163 erstrecken sich in der Axialrichtung der Auslassnockenwelle 23. Daher bewegt sich das Ringzahnrad 162 in der Axialrichtung der Auslassnockenwelle 23 zusammen mit der Auslassnockenwelle 23.

[0072] Im zweiten Stellglied 25 wird die Drehung der Kurbelwelle 15 vom Zeitsteuerungszahnriemen an das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad 25a übertragen, wenn die Brennkraftmaschine 11 die Kurbelwelle 15 dreht. Dies dreht die Auslassnockenwelle 23 gemeinsam mit dem Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad 25a und treibt die Auslassventile 21 an.

[0073] Eine Bewegung des Ringzahnrades 162 in Richtung des Auslasszeitsteuerungszahnriemenrads 25a (in der durch den Pfeil A in Fig. 8 angezeigten Richtung) bewegt gleichzeitig die Auslassnockenwelle 23 in der gleichen Richtung. Jedes Auslassventil 21 weist einen Nockentaster 21a auf, der dem Profil der zugehörigen dreidimensionalen Nocke 28 folgt. Wenn sich die Auslassnockenwelle 23 in der Richtung des Pfeils A bewegt, erhöht der Kontakt zwischen jeder Auslassnocke 28 und dem Nockentaster 21a des zugehörigen Auslassventils 21 den Hubbetrag und die Öffnungsdauer des Auslassventils 21. In anderen Worten wird der Öffnungszeitpunkt der Auslassventile 21 vorgezogen, und der Schließzeitpunkt der Auslassventile 21 wird verzögert.

[0074] Eine Bewegung des Ringzahnrades 162 in Richtung der Zahnriemenscheibenabdeckung 154 (in der Richtung entgegen der durch den Pfeil A in Fig. 8 angezeigten Richtung) bewegt gleichzeitig die Auslassnockenwelle 23 in der gleichen Richtung. Dies verursacht einen Kontakt zwischen jeder Auslassnocke 28 und dem Nockentaster 21a des zugehörigen Auslassventils 21, der den Hubbetrag und die Öffnungsdauer des Auslassventils 21 verringert. In anderen Worten wird der Öffnungszeitpunkt der Auslassventile verzögert, und der Schließzeitpunkt der Auslassventile 21 wird vorgezogen.

[0075] Der Aufbau im zweiten Stellglied 25 zum Steuern der Bewegung des Ringzahnrades 162 wird nun beschrieben. Das Ringzahnrad 162 weist einen Flansch 162a auf. Die äußere Oberfläche des Flanschs 162a gleitet während der Bewegung des Ringzahnrades 162 axial entlang der Innenwand der Zahnriemenscheibenabdeckung 154. Zusätzlich

dient der Flansch 162a als eine Abtrennung, um eine erste Ölkammer 165 von einer zweiten Ölkammer 166 in der Zahnriemenradabdeckung 154 zu trennen. Eine erste Steuerleitung 167, die mit der ersten Ölkammer 165 verbunden ist, und eine zweite Steuerleitung 168, die mit der zweiten Ölkammer 166 verbunden ist, erstrecken sich durch die Auslassnockenwelle 23.

[0076] Die erste Steuerleitung 167 ist durch das Innere des Hohlbolzens 158 mit der ersten Ölkammer 165 verbunden. Weiterhin ist die erste Steuerleitung 167 durch einen Kanal, der sich durch den Zylinderkopf 14 erstreckt, mit einem zweiten Ölsteuerventil 170 verbunden. Die zweite Steuerleitung 168 ist mit der zweiten Ölkammer 166 durch eine Ölleitung 172 verbunden, die sich durch die Hülse 151 des Auslasszeitsteuerungszahnriemenrads 25a erstreckt. Weiterhin ist die zweite Steuerleitung 168 mit dem zweiten Ölsteuerventil 170 durch einen anderen Kanal verbunden, der sich durch den Zylinderkopf 14 erstreckt.

[0077] Ein Einlasskanal 174 und ein Auslasskanal 176 sind, mit dem zweiten Ölsteuerventil 170 verbunden. Der Einlasskanal 174 ist mit der Ölwanne 13a über die Ölpumpe P verbunden, die auch vom ersten Stellglied 24 genutzt wird. Der Auslassanschluss 176 ist direkt mit der Ölwanne 13a verbunden.

[0078] Das zweite Ölsteuerventil 170 weist einen Aufbau ähnlich dem des ersten Ölsteuerventils 114 auf. Genauer gesagt weist das zweite Ölsteuerventil 170 einen Elektromagneten 170a und Anschlüsse auf. Wenn der Elektromagnet, 170a erregt wird, werden die Anschlüsse verbunden, um das Hydrauliköl in der Ölwanne 13a durch den Einlasskanal 174, das zweite Ölsteuerventil 170 und die zweite Steuerleitung 168 an die zweite Ölkammer 166 zu liefern. Zusätzlich wird das Hydrauliköl aus der ersten Ölkammer 165 durch die erste Steuerleitung 167, das zweite Ölsteuerventil 170 und den Auslasskanal 176 in die Ölwanne 13a zurückgeführt. Als ein Ergebnis wird das Ringzahnrad 162 in Richtung der ersten Ölkammer 165 bewegt, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile 21 zu verringern. Fig. 8 zeigt einen Zustand kleinsten Hubbetrags.

[0079] Wenn der Elektromagnet 170a ausgeschaltet ist, sind die Anschlüsse verbunden, um das Hydrauliköl in der Ölwanne 13a durch den Einlasskanal 174, das zweite Ölsteuerventil 170 und die erste Steuerleitung 167 an die erste Ölkammer 165 zu liefern. Zusätzlich wird das Hydrauliköl in der zweiten Ölkammer 166 durch die zweite Steuerleitung 168, das zweite Ölsteuerventil 170 und den Auslasskanal 176 an die Ölwanne 13a zurückgeführt. Als ein Ergebnis wird das Ringzahnrad 162 in Richtung der zweiten Ölkammer 166 bewegt, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile 21 zu erhöhen.

[0080] Durch weiteres Steuern des Stroms, der an den Elektromagnet 170a bereitgestellt wird, um den Fluß des Hydrauliköls zwischen den Anschlüssen zu

verhindern, wird Hydrauliköl weder an die ersten oder zweiten Ölkammern 165, 166 geliefert noch daraus abgeführt. Dies hält das Hydrauliköl, das in jeder Ölkammer 165, 166 bleibt, und verriegelt das Ringzahnrad 162. Daher ist die Axialposition des Ringzahnrad 162 fest. Die Hubgröße und Öffnungsdauer der Auslassventile 21 bleibt konstant, solange das Ringzahnrad 162 verriegelt ist.

[0081] Die ersten und zweiten Ölsteuerventile 114, 170 werden, wie in Fig. 1 gezeigt, von der ECU 180 gesteuert. Die ECU 180 weist eine Zentralrecheneinheit (CPU) 182, einen Nur-Lese-Speicher (ROM) 183, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 184 und ein Hilfs-RAM 185 auf.

[0082] Das ROM 183 speichert verschiedene Typen von Steuerprogrammen und Abbildungen. Die Abbildungen werden während der Durchführung der Steuerprogramme verwendet. Die CPU 182 führt die notwendigen Berechnungen auf der Grundlage der Steuerprogramme durch, die im ROM 183 gespeichert sind. Das RAM 184 speichert vorläufig die Ergebnisse der Berechnungen, die von der CPU 182 durchgeführt werden, und Daten, die von verschiedenen Sensoren gesendet werden. Das Hilfs-RAM 185 ist ein nichtflüchtiger Speicher, der die notwendigen Daten hält, die gespeichert werden, wenn die Brennkraftmaschine 11 nicht läuft. Die CPU 182, das ROM 183, das RAM 184 und das Hilfs-RAM 185 sind miteinander durch einen Bus 186 verbunden. Der Bus 186 verbindet auch die CPU 182, das ROM 183, das RAM 184 und das Hilfs-RAM 185 mit einem externen Eingabeschaltkreis 187 und einem externen Ausgabeschaltkreis 188.

[0083] Der externe Eingabeschaltkreis 187 ist mit einem Maschinendrehzahlsensor, einem Einlassdrucksensor, einem Drosselsensor und anderen Sensoren (diese Sensoren werden in der Zeichnung nicht gezeigt) verbunden, die dazu verwendet werden, den Betriebszustand der Brennkraftmaschine 11 zu erfassen. Der externe Eingabeschaltkreis 187 ist auch mit einem elektromagnetischen Kurbelwellenaufnehmer 190, einem elektromagnetischen Einlassnockenwellenaufnehmer 192 und einem elektromagnetischen Auslassnockenwellenaufnehmer 194 verbunden. Der Kurbelwellenaufnehmer 190 erfasst die Drehphase und Drehzahl der Kurbelwelle 15. Der Einlassnockenwellenaufnehmer 192 erfasst die Drehphase und Drehzahl der Einlassnockenwelle 22. Der Auslassnockenwellenaufnehmer 194 erfasst die Drehphase, die Drehzahl und die axiale Richtung der Auslassnockenwelle 23. Der externe Ausgabeschaltkreis 188 ist mit den ersten und zweiten Ölsteuerventilen 114, 170 verbunden.

[0084] In der ersten Ausführungsform wird der Betrieb der Einlass- und Auslassventile 20, 21 von der ECU 180 gesteuert. Genauer gesagt steuert die ECU 180 das erste Ölsteuerventil 114, wenn es notwendig ist, die Ventilsteuerung der Einlassventile 20 zu verändern. Das erste Ölsteuerventil 114 wird auf der Grundlage der Signale gesteuert, die von den Senso-

ren gesendet werden, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine 11 erfassen. Die ECU 180 steuert auch das zweite Ölsteuerventil 170, wenn der Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile 21 geändert werden müssen, so dass die Brennkraftmaschine 11 in einer optimalen Weise läuft.

[0085] Die ECU 180 empfängt Signale von dem Kurbelwellenaufnehmer 190, dem Einlassnockenwellenaufnehmer 192 und dem Auslassnockenwellenaufnehmer 194, um die ersten und zweiten Ölsteuerventile 114, 170 zu steuern. Die ECU 180 empfängt die Drehphase der Einlassnockenwelle 22 relativ zur Kurbelwelle 15 auf der Grundlage dieser Signale. Anschließend regelt die ECU 180 das erste Stellglied 24 mit dem ersten Ölsteuerventil 114, um die Drehphase der Einlassnockenwelle 22 so zu ändern, dass die Ventilzeitsteuerung der Einlassventile 20 auf ein Ventilzeitsteuerungsziel geändert wird. Die ECU 180 empfängt auch die axiale Position der Auslassnockenwelle 23. Danach regelt die ECU 180 das zweite Stellglied 25 mit dem zweiten Ölsteuerventil 170, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile 21 auf einen Zielhubbetrag und eine Zielöffnungsdauer anzupassen.

[0086] Die Vorteile der ersten Ausführungsform werden nun beschrieben. In der variablen Ventilzeitsteuerung 10 nach der ersten Ausführungsform ist das erste Stellglied 24, das die Drehphase der Einlassnockenwelle 22 relativ zur Kurbelwelle 14 anpasst, in dem Einlasszeitsteuerungszahnriemenrad 24a eingebaut. Zudem ist das zweite Stellglied 25, das die Hubgröße der Auslassventile 21 mit dreidimensionalen Nocken anpasst, in das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad 25a eingebaut. In anderen Worten sind die ersten und zweiten Stellglieder 24, 25 auf unterschiedlichen, separaten Nockenwellen angeordnet. Daher muss die Nockenwelle nicht verlängert werden. Dies verhindert die Vergrößerung der Brennkraftmaschine 11. Demgemäß wird die Brennkraftmaschine 11 in einen Motorraum eingebaut, ohne mehr Raum als eine Brennkraftmaschine aus dem Stand der Technik zu benötigen.

[0087] Zudem wird die Ventilüberlappung der Einlass- und Auslassventile 20, 21 und die Schließzeit der Einlassventile 20 in gleicher Weise und ohne die zusätzlichen Begrenzungen gesteuert, die sich ergeben, wenn die ersten und zweiten Stellglieder 24, 25 auf der gleichen Nockenwelle eingebaut sind. Beispielsweise wird die Schließzeit der Einlassventile 20 in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine 11 vom ersten Stellglied 24 verändert, das auf der Einlassnockenwelle 22 angeordnet ist. Die Ventilüberlappung wird ebenfalls in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine 11 durch Zusammenarbeit zwischen dem ersten Stellglied 24 und dem zweiten Stellglied 25, das auf der Auslassnockenwelle 23 angeordnet ist, angepasst.

[0088] Zusätzlich muss weder die Einlassnockenwelle 22 noch die Auslassnockenwelle 23 mehr als

ein Stellglied tragen, da die beiden Stellglieder **24**, **25** auf unterschiedlichen Wellen angeordnet sind. Daher ist keine der Wellen außergewöhnlich schwer. Dadurch wird das Auftreten von Problemen betreffend die Festigkeit der Kurbelzapfen, welche die Wellen lagern, vermieden.

[0089] Eine zweite Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezug auf **Fig. 9** beschrieben. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **225**, in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **225a** einer Einlassnockenwelle **222** eingebaut ist, um den Hubbetrag der Einlassventile **220** anzupassen. Zudem ist eine Phasenanpassung, oder ein erstes Stellglied **224**, in einem Zahnriemenrad **224a** einer Auslassnockenwelle **223** angeordnet, um die Drehphase der Auslassnockenwelle **223** relativ zu einer Kurbelwelle **215** zu ändern. Die Einlassnockenwelle **222**, die sich durch einen Zylinderkopf erstreckt, wird so gelagert, dass sie drehbar und axial (in den durch den Pfeil **B** angezeigten Richtungen) beweglich ist. Die Einlassnockenwelle **222** weist dreidimensionale Nocken oder Einlassnocken **227** auf. Die Auslassnockenwelle **223** ist so gelagert, dass sie im Zylinderkopf drehbar, jedoch axial fest ist. Normale Auslassnocken **228** sind entlang der Auslassnockenwelle **223** angeordnet. Das heißt, die Profile der Auslassnocken **228** ändern sich in der Axialrichtung der Auslassnockenwelle **223** nicht. Die Kurbelwelle **215** ist gleich der in der ersten Ausführungsform verwendeten.

[0090] Die axiale Position der Einlassnockenwelle **222** wird von einem zweiten Ölsteuerventil gesteuert, um die Hubgröße und Öffnungsdauer der Einlassventile **222** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine anzupassen. Die Drehphase der Auslassnockenwelle **223** relativ zur Kurbelwelle **215** wird durch ein erstes Ölsteuerventil gesteuert, um die Ventilzeitsteuerung der Auslassventile **221** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine zu ändern.

[0091] Die zweite Ausführungsform weist die gleichen Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Die Zusammenarbeit zwischen dem ersten Stellglied **224**, das auf der Auslassnockenwelle **222** angeordnet ist, und dem zweiten Stellglied **225**, das auf der Einlassnockenwelle **222** angeordnet ist, passt die Ventilüberlappung an, weiterhin variiert das zweite Stellglied **225** die Schließzeitsteuerung der Einlassventile **220**.

[0092] Ein erstes zum Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 10** beschrieben. Das erste Beispiel unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass weder ein erstes Stellglied noch ein zweites Stellglied in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **323a** einer Auslassnockenwelle **323** eingebaut ist. Eine Phasenanpassung, oder ein erstes Stellglied **324** ist in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **324a** einer Kurbelwelle **315** eingebaut. Eine Hubanpassung, oder ein zweites

Stellglied **325**, ist in einem Zeitsteuerungszahnriemenrad **325a** einer Einlassnockenwelle **322** eingebaut.

[0093] Die Einlassnockenwelle **322**, die sich durch einen Zylinderkopf erstreckt, wird so gelagert, dass sie (in den durch den Pfeil **C** angezeigten Richtungen) axial beweglich und drehbar ist. Die Einlassnockenwelle **322** weist dreidimensionale Einlassnocken **327** auf. Die Auslassnockenwelle **323** wird so gelagert, dass sie im Zylinderkopf drehbar, jedoch axial fest ist. Normale Auslassnocken **328** werden entlang der Auslassnockenwelle **323** angeordnet. Das heißt, die Profile der Auslassnocken **328** verändern sich in der axialen Richtung der Auslassnockenwelle **323** nicht. Die Kurbelwelle **315** wird so gelagert, dass sie drehbar, jedoch axial fest ist.

[0094] Die axiale Position der Einlassnockenwelle **322** wird von einem zweiten Ölsteuerventil gesteuert, um die Hubgröße und Öffnungsdauer der Einlassventile **320** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine anzupassen. (Die Drehphase der Kurbelwelle **315** relativ zur Einlassnockenwelle **322** und zur Auslassnockenwelle **323** wird von einem ersten Ölsteuerventil gesteuert, um die Ventilzeitsteuerung der Einlass- und Auslassventile **320**, **321** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine zu verändern.

[0095] Das erste Beispiel weist die gleichen Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Zusätzlich verändert die Zusammenarbeit zwischen dem ersten Stellglied **324**, das in das Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad **324a** eingebaut ist, und dem zweiten Stellglied **325**, das in dem Einlasszeitsteuerungszahnriemenrad **324a** eingebaut ist, die Schließzeit der Einlassventile **320** und die Ventilüberlappung.

[0096] Ein zweites zum Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 11** beschrieben. Das zweite Beispiel unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass weder ein erstes Stellglied noch ein zweites Stellglied in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **422a** einer Einlassnockenwelle **422** eingebaut ist. Eine Phasenanpassung, oder ein erstes Stellglied **424**, ist in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **424a** einer Kurbelwelle **415** eingebaut. In gleicher Weise wie in der ersten Ausführungsform ist eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **425**, in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **425a** einer Auslassnockenwelle **422** eingebaut, die dreidimensionale Nocken **428** aufweist. Wie in der ersten Ausführungsform ändern sich die Profile der Einlassnocken **427** in der Axialrichtung der Einlassnockenwelle **422** nicht.

[0097] Die axiale Position der Auslassnockenwelle **423** (die Bewegung, die durch den Pfeil **D** angezeigt wird) wird durch ein zweites Ölsteuerventil gesteuert, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile **421** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine anzupassen. Die Drehphase der Kurbelwelle **415** relativ zur Einlassnockenwelle **422** und zur Auslassnockenwelle

423 wird durch ein erstes Ölsteuerventil gesteuert, um die Ventilzeitsteuerung der Einlass- und Auslassventile **420**, **421** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine zu verändern. [0098] Das zweite Beispiel weist die gleichen Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Zusätzlich verändert das auf der Kurbelwelle **415** angeordnete erste Stellglied **424** die Schließzeit der Einlassventile **420**. Die Zusammenarbeit zwischen dem ersten Stellglied **424** und dem zweiten Stellglied **425**, das auf der Auslassnockenwelle **423** angeordnet ist, ändert die Ventilüberlappung.

[0099] Ein drittes zum Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 12** beschrieben. Das dritte Beispiel unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **526**, in einem Zeitsteuerungszahnriemenrad **526a** einer Einlassnockenwelle **522** eingebaut ist. Die Einlassnockenwelle **522** weist dreidimensionale Nocken **527** auf und ist drehbar und (in den durch den Pfeil E1 angezeigten Richtungen) axial beweglich. Zusätzlich ist eine Phasen Anpassung oder ein erstes Stellglied **524** in ein Zeitsteuerungszahnriemenrad **524a** einer Kurbelwelle **515** eingebaut. Ein weiteres zweites Stellglied **525** wie das der ersten Ausführungsform ist in einem Zeitsteuerungszahnriemenrad **525a** einer Auslassnockenwelle **523** eingebaut, die dreidimensionale Nocken **528** aufweist.

[0100] Die axiale Position der Auslassnockenwelle **523** (die durch den Pfeil E2 angezeigte Bewegung) wird durch ein zweites Ölsteuerventil gesteuert, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Auslassventile **521** in, Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine anzupassen. Zudem wird die axiale Position der Einlassnockenwelle **522** durch ein anderes zweites Ölsteuerventil gesteuert, um den Hubbetrag und die Öffnungsdauer der Einlassventile **520** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine anzupassen.

[0101] Die Drehphase der Kurbelwelle **515** relativ zur Einlassnockenwelle **522** und der Auslassnockenwelle **523** wird durch ein erstes Ölsteuerventil gesteuert, um die Ventilzeitsteuerung der Einlass- und Auslassventile **520**, **521** in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine zu verändern.

[0102] Das dritte Beispiel weist die gleichen Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Zusätzlich passt die Zusammenarbeit zwischen dem ersten Stellglied **524**, das im Kurbelzeitsteuerungszahnriemenrad **524a** eingebaut ist, und der zwei zweiten Stellgliedern **525**, **526**, die in die Einlass- und Auslasszeitsteuerungszahnriemenräder **525a**, **526a** eingebaut sind, die Ventilüberlappung an und variiert die Schließzeiten der Einlassventile **420**.

[0103] Ein viertes zum Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 13** beschrieben. Dieses Beispiel verwendet eine Kurbelwelle gleich jener der ersten Ausführungsform.

[0104] Eine Einlassnockenwelle **622**, eine Auslass-

nockenwelle **623** und eine (nicht gezeigte) Kurbelwelle, sind parallel zueinander angeordnet. Ein erster Getriebezug **690** ist an den linken Enden der Wellen (wie in **Fig. 13** gezeigt) angeordnet. Der erste Getriebezug **690** weist ein (nicht gezeigtes) Zeitsteuerungszahnriemenrad auf, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist; ein Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **624a**, das mit der Auslassnockenwelle **623** gekoppelt ist und einen (nicht gezeigten) Zeitsteuerungszahnriemen, der das Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad und das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **624a** verbindet. Das Drehmoment der Kurbelwelle, das auf das Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad wirkt, wird vom Zeitsteuerungszahnriemen direkt an das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **624a** übertragen, aber nicht direkt an die Einlassnockenwelle **622** übertragen.

[0105] Ein zweiter Getriebezug **692** ist an den rechten Enden der Wellen **622**, **623** angeordnet. Der zweite Getriebezug **692** weist ein Einlasszahnrad **625b** auf, das mit der Einlassnockenwelle **622** gekoppelt ist, und ein Auslasszahnrad **624b**, das mit der Auslassnockenwelle **623** gekoppelt ist. Die Auslass- und Einlasszahnäder **624b**, **625b** stehen miteinander in Eingriff. Daher wird Drehmoment von der Auslassnockenwelle **623** durch den zweiten Getriebezug **692** direkt an die Einlassnockenwelle **622** übertragen.

[0106] Eine Phasen Anpassung, oder ein erstes Stellglied **624**, ist im Auslasszahnrad **624b** des zweiten Getriebezugs **692** eingebaut. Eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **625**, ist im Einlasszahnrad **625b** des zweiten Getriebezugs **692** eingebaut. Die Strukturen der ersten und zweiten Stellglieder **624**, **625** sind die gleichen wie die der ersten Ausführungsform.

[0107] Die Einlassnockenwelle **622** weist dreidimensionale Nocken **627** auf und ist in einem Zylinderkopf drehbar und axial beweglich. Die Auslassnockenwelle **623** wird so gelagert, dass sie drehbar, jedoch axial fest ist. Normale Auslassnocken **628** sind entlang der Auslassnockenwelle **623** angeordnet. Das heißt, die Profile der Auslassnocken **628** verändern sich in der axialen Richtung der Auslassnockenwelle **623** nicht.

[0108] Das vierte Beispiel weist die gleichen Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Zusätzlich kann die Länge der Brennkraftmaschine verkürzt werden, weil die ersten und zweiten Stellglied **624**, **625** jeweils auf den Enden der Einlass- und Auslassnockenwellen **623**, **622** angeordnet sind, und der erste Getriebezug **690** am anderen Ende angeordnet ist. Daher schafft das vierte Beispiel mehr Layout-Raum im Motorabteil, insbesondere dort, wo sich der erste Getriebezug **690** befindet. Diese Seite befindet sich normalerweise in der Nähe eines Stoßdämpfungsteils **694**, das eine Schraubenfeder und einen Stoßdämpfer aufweist. Entsprechend kann eine Beeinflussung zwischen der Brennkraftmaschine und Teilen wie dem Stoßdämpfungsteil **694** verhindert werden.

[0109] Ein fünftes für das Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 14** beschrieben.

[0110] Eine Einlassnockenwelle **722**, eine Auslassnockenwelle **723** und eine (nicht gezeigte) Kurbelwelle sind parallel zueinander angeordnet. Ein erster Getriebezug **790** ist an den linken Enden der Wellen (in der Ansicht der **Fig. 14**) angeordnet. Der erste Getriebezug **790** weist ein (nicht gezeigtes) Zeitsteuerungszahnriemenrad auf, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist, ein Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **724a**, das mit der Auslassnockenwelle **723** gekoppelt ist und einen (nicht gezeigten) Zeitsteuerungszahnriemen, der das Kurbelzeitsteuerungszahnriemenrad und das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **724a** verbindet. Das Drehmoment der Kurbelwelle, das auf das Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad wirkt, wird direkt vom Zeitsteuerungszahnriemen an das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **724a** übertragen, aber nicht direkt an die Einlassnockenwelle **722** übertragen. Ein zweiter Getriebezug **792** ist an den rechten Enden der Wellen **722**, **723** angeordnet. Der zweite Getriebezug **792** weist ein Einlasszahnrad **725b** auf, das mit der Einlassnockenwelle **722** gekoppelt ist, und ein Auslasszahnrad **724b**, das mit der Auslassnockenwelle **723** gekoppelt ist. Die Auslass- und Einlasszahnräder **724b**, **725b** stehen miteinander in Eingriff. Daher wird vom zweiten Getriebezug **792** Drehmoment direkt von der Auslassnockenwelle **723** an die Einlassnockenwelle **722** übertragen.

[0111] In gleicher Weise wie in dem vierten Beispiel ist eine Phasenanpassung, oder ein erstes Stellglied **724**, in das Auslasszahnrad **724b** des zweiten Getriebezugs **792** eingebaut. Das fünfte Beispiel unterscheidet sich vom vierten Beispiel darin, dass eine Hubanpassung, oder ein zweites Stellglied **725**, auf der Einlassnockenwelle **722** an dem Ende angeordnet ist, das dem zweiten Getriebezug **722** gegenüberliegt. Das zweite Stellglied **725** ist an einem Zylinderkopf **714** befestigt.

[0112] Ein sechstes für das Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf die **Fig. 15** und **16** beschrieben. Der Aufbau der variablen Ventilzeitsteuervorrichtung ist derselbe wie der des fünften Beispiels der **Fig. 14**. Das sechste Beispiel verwendet jedoch eine Phasenanpassung, oder ein zweites Stellglied **825**, das sich von dem der vorstehenden Ausführungsformen unterscheidet.

[0113] Das zweite Stellglied **825** weist ein Gehäuse **830** auf. Ein Zylinderkopf **814** weist eine Öffnung **814c** auf, um das Gehäuse **830** aufzunehmen. Bolzen **832**, befestigen das Gehäuse **830** am Zylinderkopf **814**. Das Gehäuse **830** weist ein hohles inneres auf, das durch eine Abdeckung **836** abgedichtet ist. Die Abdichtung **836** ist mit Bolzen **834** am Gehäuse **830** befestigt.

[0114] Ein Kolben **838** ist im Gehäuse **830** untergebracht und in der Axialrichtung einer Einlassnockenwelle **822** beweglich. Der Kolben **838** dient dazu, das

Innere des Gehäuses **830** in eine erste Ölkammer **840** und eine zweite Ölkammer **842** zu teilen. Ein Ende der Einlassnockenwelle **822** wird drehbar durch ein Lager **846** im mittleren Abschnitt des Kolbens **838** gelagert. Ein Bolzen **844** sichert das Ende der Einlassnockenwelle **822** am Kolben **838**. Eine Kappe **848** ist in den Kolben **838** eingeschraubt, um den Bolzen **844** und das Lager **846** abzudecken.

[0115] Der Hydraulikdruck in der ersten Ölkammer **840** wird durch ein zweites Ölsteuerventil **854** über eine Steuerleitung **850**, die sich durch den Zylinderkopf **814** erstreckt, und eine Steuerleitung **852**, die sich durch das Gehäuse **830** erstreckt, gesteuert. Der Hydraulikdruck in der zweiten Ölkammer **842** wird vom zweiten Ölsteuerventil **854** durch eine Steuerleitung **856**, die sich durch den Zylinderkopf **814** erstreckt, und eine Steuerleitung **858**, die sich durch das Gehäuse **830** erstreckt, gesteuert.

[0116] Eine Ölpumpe **P** stellt dem zweiten Ölsteuerventil **854** Hydrauliköl über die Versorgungskanäle **860**, **862** bereit, die sich durch den Zylinderkopf **814** erstrecken. Der Zylinderkopf **814** weist ein Lager **814e** auf, um die Einlassnockenwelle **822** zu lagern. Das Hydrauliköl wird durch eine Ölleitung **864**, die sich durch das Lager **814e** erstreckt, auch an das Lager **814e** geliefert. Dies schmiert die Einlassnockenwelle **822**, die sich im Lager **814e** dreht und axial bewegt. Ein Auslasskanal, der das zweite Ölsteuerventil **854** mit einer Ölwanne verbindet, ist in **Fig. 15** nicht gezeigt.

[0117] Die Einlassnockenwelle **822** weist dreidimensionale Einlassnocken **827** auf. Jeder Einlassnocken **827** ist in Verbindung mit einem Einlassventil **820** angeordnet, das einen Nockentaster **820a** aufweist. Wenn Hydrauliköl vom zweiten Ölsteuerventil **854** in die erste Ölkammer **840** gesendet wird, und Hydrauliköl aus der zweiten Ölkammer **842** gedrückt wird, bewegt sich der Kolben **838** axial in Richtung der zweiten Ölkammer **842**, wie in **Fig. 15** gezeigt. Die Einlassnockenwelle **822** bewegt sich integrt mit dem Kolben **838**. Als ein Ergebnis erhöhen die Nockentaster **820a**, die den Profilen der zugehörigen Einlassnocken **827** folgen, die Hubgröße und Öffnungsdauer der Einlassventile **820**. Dies zieht die Öffnungszeit der Einlassventile **820** vor und verzögert deren Schließzeit.

[0118] Wenn Hydrauliköl vom zweiten Ölsteuerventil **854** in die zweite Ölkammer **842** geschickt wird, und Hydrauliköl aus der ersten Ölkammer **840** geschickt wird, bewegt sich der Kolben **838** axial in Richtung der ersten Ölkammer **840**, wie in **Fig. 16** gezeigt. Als ein Ergebnis verringern die Nockentaster **820a**, welche den Profilen der zugehörigen Einlassnocken **827** folgen, die Hubgröße und die Öffnungsdauer der Einlassventile **820**. Dies verzögert die Öffnungszeit und zieht die Schließzeit der Einlassventile **820** vor.

[0119] Die fünften und sechsten Beispiele weisen dieselben Vorteile wie die erste Ausführungsform auf. Zusätzlich kann die Länge der Brennkraftmaschine verkürzt werden, weil das zweite Stellglied **725** (**825**)

und der erste Getriebezug **790** an einem Ende der Einlass- und Auslassnockenwellen **722** (**822**), **723** angeordnet sind, während das erste Stellglied **724** auf dem anderen Ende angeordnet ist. Zudem ist das zweite Stellglied **725** (**825**) unabhängig von den ersten und zweiten Getriebezügen **790**, **792**. Daher ist das gesamte zweite Stellglied **725** (**825**) im wesentlichen im Zylinderkopf **714** untergebracht, wie in **Fig. 14** gezeigt. Dies schafft mehr Layout-Raum im Motorabteil, insbesondere in der Nähe des ersten Getriebezugs **790**. Normalerweise ist ein Dämpfungsteil **794** in der Nähe des ersten Getriebezugs **790** untergebracht. Demgemäß kann eine Beeinflussung zwischen der Brennkraftmaschine und Teilen wie dem Dämpfungsteil **794** verhindert werden.

[0120] Ein siebtes für das Verständnis der Erfindung hilfreiches Beispiel wird nun mit Bezug auf **Fig. 17** beschrieben. Dieses Beispiel unterscheidet sich von den vorstehenden Ausführungsformen und Beispielen darin, dass die ersten und zweiten Stellglieder auf der gleichen Nockenwelle angeordnet sind.

[0121] wie in **Fig. 17** gezeigt, werden eine Einlassnockenwelle **922** und eine Auslassnockenwelle **923** parallel zueinander und quer in einem Motorabteil angeordnet. Eine Kurbelwelle, obwohl nicht gezeigt, ist ebenfalls parallel zu den Nockenwellen **922**, **923**. Die Einlassnockenwelle **922** wird indirekt von der Kurbelwelle angetrieben. Die Auslassnockenwelle **923** wird direkt von der Kurbelwelle angetrieben. Die Auslassnockenwelle **923** ist zur Vorderseite des Fahrzeugs hin angeordnet, während die Einlassnockenwelle **922** zur Rückseite des Fahrzeugs hin angeordnet ist.

[0122] Ein Phasenstellglied oder ein erstes Stellglied **924** ist am linken Ende der Auslassnockenwelle **923** (in der Ansicht der **Fig. 17**) angeordnet, um die Phase der Auslassnockenwelle **923** relativ zur Kurbelwelle anzupassen. Ein Hubstellglied oder ein zweites Stellglied **925** ist am rechten Ende der Auslassnockenwelle **923** (in der Ansicht der **Fig. 17**) angeordnet, um die Hubgröße der zugehörigen Auslassventile mit dreidimensionalen Auslassnocken **928** anzupassen.

[0123] Entsprechend sind das erste Stellglied **924** und das zweite Stellglied **925** beide auf der gleichen Auslassnockenwelle **923**. Weder ein erstes Stellglied noch ein zweites Stellglied ist auf der Einlassnockenwelle **922** angeordnet. In anderen Worten sind die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** auf der Welle aus den beiden Nockenwellen **922**, **923** angeordnet, die am weitesten von einem Federungsteil **994** entfernt ist.

[0124] Der Getriebemechanismus weist einen ersten Getriebezug zum Übertragen der Drehung der Kurbelwelle an die Auslassnockenwelle **923** und einen zweiten Getriebezug zum Übertragen der Drehung der Auslassnockenwelle **923** an die Einlassnockenwelle **922** auf. Der erste Zug weist ein (nicht gezeigtes) Kurbelzeitsteuerungszahnriemenrad, einen (nicht gezeigten) Zahnriemen und ein Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **924a** auf, das mit einem

Ende der Auslassnockenwelle **923** gekoppelt ist. Der zweite Zug weist ein Auslassnockenwellenzahnrad **925b** und ein Einlassnockenwellenzahnrad **926b** auf. Das erste Stellglied **924** ist in das Zeitsteuerungszahnriemenrad **924a** eingebaut, während das zweite Stellglied **925** in das Zahnrad **925b** eingebaut ist.

[0125] Die Vorteile des siebten Beispiels werden nun beschrieben. Das Federungsteil **994** begrenzt oft das Layout einer Brennkraftmaschine. Eine Brennkraftmaschine, die eine variable Zeitsteuerungsvorrichtung nach dem siebten Beispiel aufweist, weist jedoch die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** auf, die auf der Auslassnockenwelle **923** angeordnet sind, die weiter vom Federungsteil **924** weg angeordnet ist. Daher wird die Brennkraftmaschine relativ zu dem Federungsteil **994** ohne gegenseitige Behinderung eingebaut, obwohl die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** im Gegensatz zu den vorab genannten Ausführungsformen auf der gleichen Nockenwelle angeordnet sind. Demgemäß wird die Brennkraftmaschine im Motorabteil mit weniger Beschränkungen bezüglich ihrer Anordnung eingebaut.

[0126] Zudem werden die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** beide auf der gleichen Welle (der Auslassnockenwelle **923**) angeordnet. Daher wird im Vergleich mit einer Vorrichtung, in der die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** auf verschiedenen Wellen angeordnet sind, wie in den vorab genannten Ausführungsformen, die Ventilzeitsteuerung leichter geändert.

[0127] Es sollte für den Fachmann offensichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung in vielen anderen speziellen Formen ausgeführt werden kann, ohne vom Gegenstand der Erfindung abzuweichen. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung wie nachstehend beschrieben ausgeführt werden.

[0128] Das erste Stellglied in jeder der vorstehenden Ausführungsformen und Beispielen verwendet einen Rotor vom Flügelradtyp. Anstelle des Rotors vom Flügelradtyp kann jedoch ein Rotor vom Schraubenkeiltyp verwendet werden.

[0129] In den vierten und fünften Beispielen sind die zweiten Stellglieder **625**, **725** jeweils auf den Einlassnockenwellen **622**, **722** angeordnet, während die ersten Stellglieder **624**, **724** jeweils auf den Auslassnockenwellen **623**, **723** angeordnet sind. Stattdessen können die ersten Stellglieder **624**, **724** jeweils auf Einlassnockenwellen **622**, **722** angeordnet sein, und die zweiten Stellglieder **625**, **725** können jeweils auf den Auslassnockenwellen **623**, **723** angeordnet sein.

[0130] Im siebten Beispiel ist die Einlassnockenwelle **922** näher zum Federungsteil **994** angeordnet. Daher sind die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** beide auf der Auslassnockenwelle **923** angeordnet. Wenn jedoch die Auslassnockenwelle **923** näher beim Federungsteil **994** angeordnet ist, oder wenn die Auslassnockenwelle **923** andere Bauteile im Motorabteil beeinträchtigt, können die ersten und zweiten Stellglieder **924**, **925** beide auf der Einlassnockenwelle **922** angeordnet sein.

[0131] Im siebten Beispiel ist das erste Stellglied **924** in das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **924a** eingebaut, und das zweite Stellglied **925** ist in das Auslassnockenwellenzahnrad **925b** eingebaut. Das erste Stellglied **924** kann jedoch in das Auslassnockenwellenzahnrad **925** eingebaut sein, und das zweite Stellglied **925** kann in das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **924a** eingebaut sein.

[0132] Im siebten Beispiel wird das Ventilgetriebe von dem ersten Getriebezug, der das Kurbelwellenzeitsteuerungszahnrad, den Zeitsteuerungszahnriemen und das Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad **924a** aufweist, und dem zweiten Getriebezug, der die Auslass- und Einlassnockenwellenzahnräder **925b**, **926b** aufweist, gebildet. Das Ventilgetriebe kann jedoch ein einfacher Aufbau sein, der nur ein Kurbelwellenzeitsteuerungszahnriemenrad, einen Zeitsteuerungszahnriemen, ein Auslasszeitsteuerungszahnriemenrad und ein Einlasszeitsteuerungszahnriemenrad aufweist, wie das Ventilgetriebe der **Fig. 1**.

[0133] In jedem der vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele wird Drehmoment von der Kurbelwelle durch Zeitsteuerungszahnriemenräder übertragen. Es können jedoch andere Elemente genutzt werden, um das Drehmoment zu übertragen. Beispielsweise können Zeitsteuerungsketten und Zeitsteuerungskettenräder oder Zeitsteuerungszahnräder verwendet werden.

[0134] In jeder der vorstehenden Ausführungsformen werden dreidimensionale Nocken (**Fig. 2**) verwendet, um die Hubgröße und die Öffnungsdauer der zugehörigen Ventile zu ändern, wenn sie von einem zweiten Stellglied angetrieben werden. Dreidimensionale Nocken, die Profile aufweisen, um die Öffnungsdauer der Ventile, aber nicht den Hubbetrag, zu ändern, können stattdessen verwendet werden. Zudem können dreidimensionale Nocken verwendet werden, die Profile aufweisen, um nur das Ventilschließzeitverhalten oder nur das Ventilöffnungszeitverhalten zu ändern, verwendet werden.

[0135] In den ersten und zweiten Ausführungsformen und in den vierten, fünften und siebten Beispielen kann ein anderes erstes Stellglied auf der Kurbelwelle angeordnet sein. In diesem Fall vereinfacht das zusätzliche erste Stellglied die Ventilzeitsteuerung.

[0136] Daher werden die vorliegenden Beispiele und Ausführungsformen als veranschaulichend und nicht als begrenzend angesehen, und die Erfindung wird nicht auf die hier beschriebenen Details begrenzt, sondern kann innerhalb des Gebiets und des Äquivalenzbereichs der beigefügten Ansprüche verändert werden.

Patentansprüche

1. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung, die in einer Brennkraftmaschine verwendet wird, um die Ventilsteuerung von Einlassventilen (**20**) oder Auslassventilen (**21**) zu variieren, wobei die Brennkraftma-

schine eine Kurbelwelle (**15**), eine Einlassnockenwelle (**22**), um die Einlassventile anzutreiben, eine Auslassnockenwelle (**23**), um die Auslassventile anzutreiben, und ein Getriebe (**15a**, **24a**, **25a**, **26a**) aufweist, um eine Drehung zwischen der Kurbelwelle, der Einlassnockenwelle und der Auslassnockenwelle zu übertragen, wobei die Variable Ventilsteuerungsvorrichtung gekennzeichnet ist durch:

ein erstes Stellglied (**24**), das nur auf entweder der Einlassnockenwelle oder der Auslassnockenwelle angeordnet ist, wobei das erste Stellglied nur die Drehphase der Nockenwelle, an der das erste Stellglied angeordnet ist, relativ zur Kurbelwelle (**15**) anpasst; und

ein zweites Stellglied (**25**), das nur auf der Anderen aus der Einlassnockenwelle (**22**) und der Auslassnockenwelle (**23**) angeordnet ist, wobei das zweite Stellglied nur die axiale Position der Anderen aus der Einlassnockenwelle und der Auslassnockenwelle anpasst, um die Ventilanhebung der Ventile anzupassen, die von der Nockenwelle angetrieben werden, an der das zweite Stellglied angeordnet ist.

2. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe einen Zahnriemen (**26**) aufweist, um das Drehmoment der Kurbelwelle (**15**) an die Einlassnockenwelle (**22**) und die Auslassnockenwelle (**23**) zu übertragen.

3. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe Folgendes aufweist:

einen ersten Getriebezug, um das Drehmoment der Kurbelwelle (**15**) an die Einlassnockenwelle (**22**) oder die Auslassnockenwelle (**23**) zu übertragen, wobei der erste Getriebezug durch eine Kombination eines Zahnriemens (**26**) und eines Zahnriemenrads gebildet wird; und

einen zweiten Getriebezug, um ein Drehmoment zwischen der Einlassnockenwelle (**22**) und der Auslassnockenwelle (**23**) zu übertragen, wobei der zweite Getriebezug aus Ventilsteuerungszahnradern gebildet wird.

4. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Stellglied (**24**) auf der Einlassnockenwelle (**22**) angeordnet ist, und das zweite Stellglied (**25**) auf der Auslassnockenwelle (**23**) angeordnet ist.

5. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Stellglied (**224**) auf der Auslassnockenwelle (**223**) angeordnet ist, und das zweite Stellglied (**225**) auf der Einlassnockenwelle (**222**) angeordnet ist.

6. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurbel-

welle, die Einlassnockenwelle und die Auslassnockenwelle parallel zueinander sind, wobei jede Welle ein erstes Ende und ein gegenüberliegendes zweites Ende aufweist, wobei der erste Getriebezug (690) an den ersten Enden der Wellen angeordnet ist, und der zweite Getriebezug (692) an den zweiten Enden der Wellen angeordnet ist.

7. Variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der ersten und zweiten Stellglieder (624, 625) in ein separates Ventilsteuerungszahnrad des zweiten Getriebezugs (692) eingebaut ist, und jedes Stellglied auf einer Anderen der Nockenwellen angeordnet ist.

8. Automobil, in das eine Brennkraftmaschine eingebaut ist; welche die variable Ventilsteuerungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche aufweist.

9. Automobil, in das eine Brennkraftmaschine eingebaut ist, wobei die Brennkraftmaschine eine Kurbelwelle (15), Einlassventile (20), eine Einlassnockenwelle (22), um die Einlassventile anzutreiben, Auslassventile (21) und eine Auslassnockenwelle (23), um die Auslassventile anzutreiben, wobei die Kurbelwelle, die Einlassnockenwelle und die Auslassnockenwelle parallel zueinander sind, sowie ein Getriebe, um eine Drehung zwischen der Kurbelwelle, der Einlassnockenwelle und der Auslassnockenwelle zu übertragen, aufweist, wobei die Ventilsteuerung der Einlassventile oder der Auslassventile variabel ist, wobei die Brennkraftmaschine gekennzeichnet ist durch:

ein erstes Stellglied (24), das auf nur entweder der Einlassnockenwelle oder der Auslassnockenwelle angeordnet ist, wobei das erste Stellglied nur die Drehphase der Nockenwelle, an der das erste Stellglied angeordnet ist, relativ zur Kurbelwelle anpasst; und

ein zweites Stellglied (25), das nur auf der Anderen aus der Einlassnockenwelle und der Auslassnockenwelle angeordnet ist, wobei das zweite Stellglied nur die axiale Position der Nockenwelle anpasst, auf der es angeordnet ist, und wobei die Nockenwelle, die axial vom zweiten Stellglied bewegt wird, dreidimensionale Nocken (28) aufweist, um den Anhebungsbeitrag der zugehörigen Ventile in Übereinstimmung mit der Axialbewegung der Nockenwelle anzupassen.

10. Automobil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Automobil einen Motorraum und ein Federungsteil (694) aufweist, das sich in den Motorraum erstreckt, und wobei die ersten und zweiten Stellglieder (624, 625) an Orten auf den jeweiligen Nockenwellen angeordnet sind, die möglichst weit von dem Federungsteil entfernt sind.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Fig.1

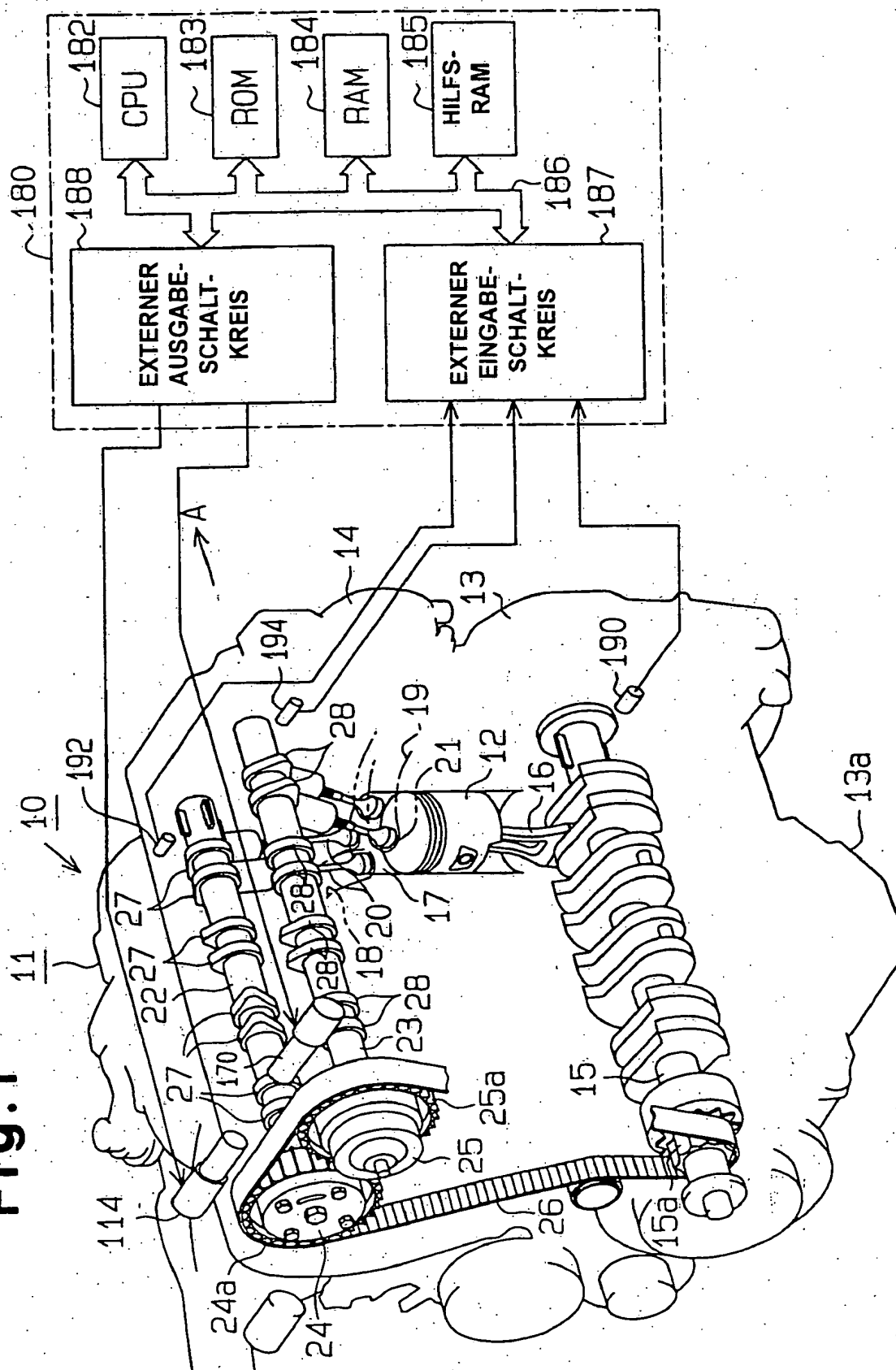


Fig.2

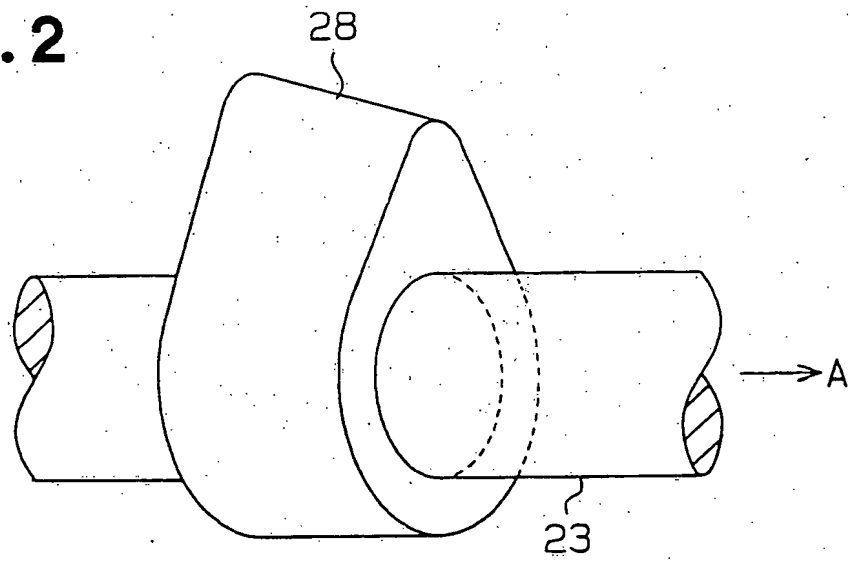


Fig.4

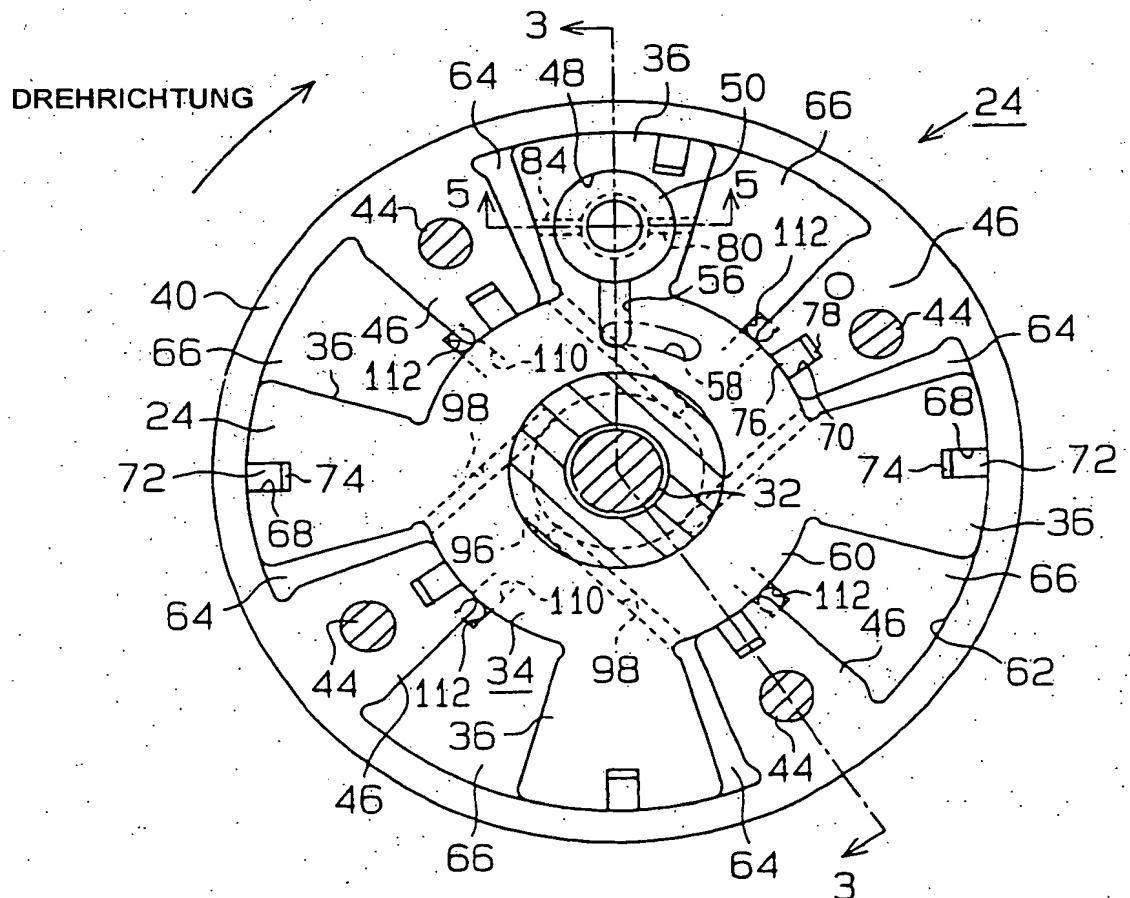


Fig. 3

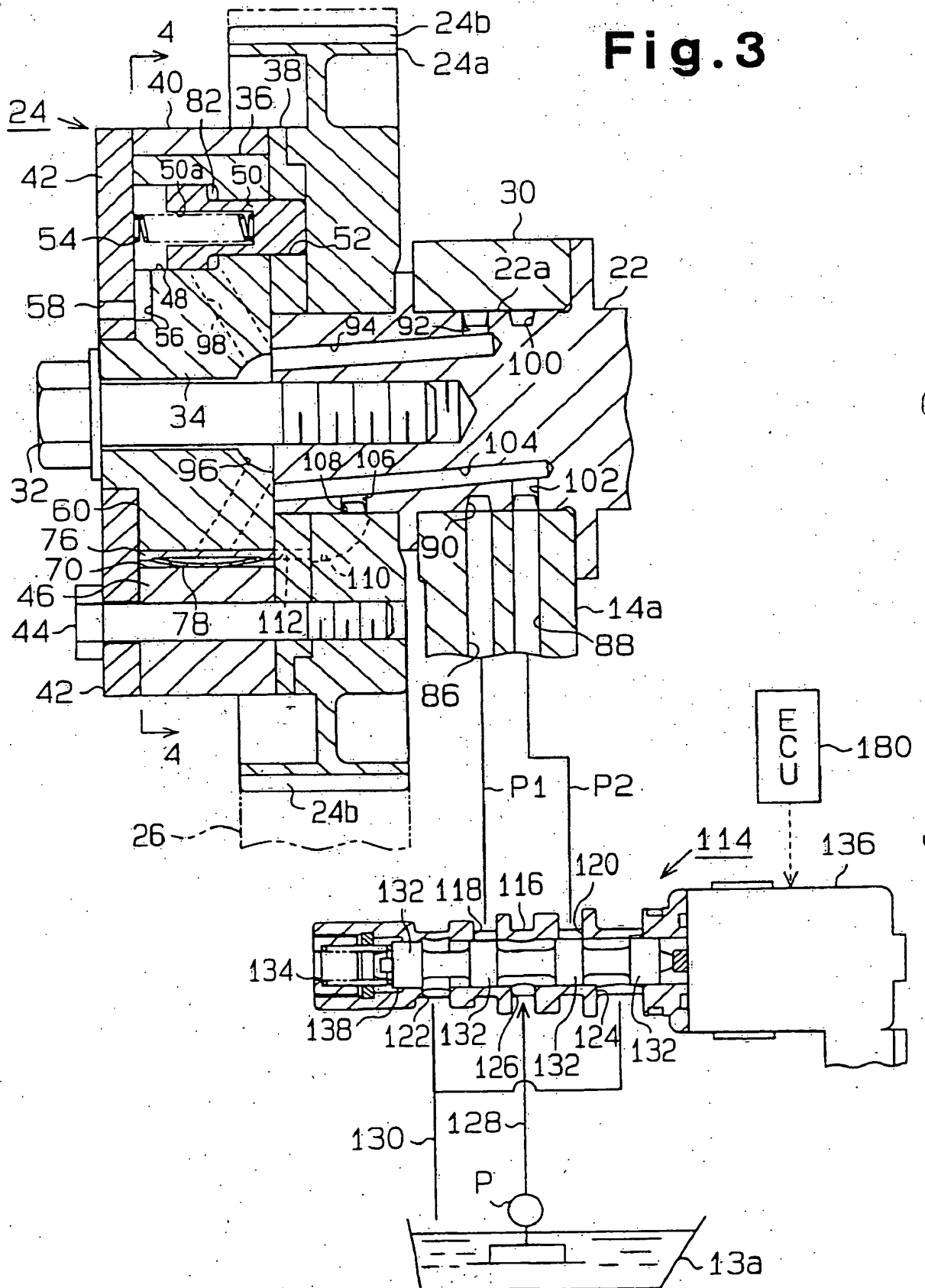


Fig. 5

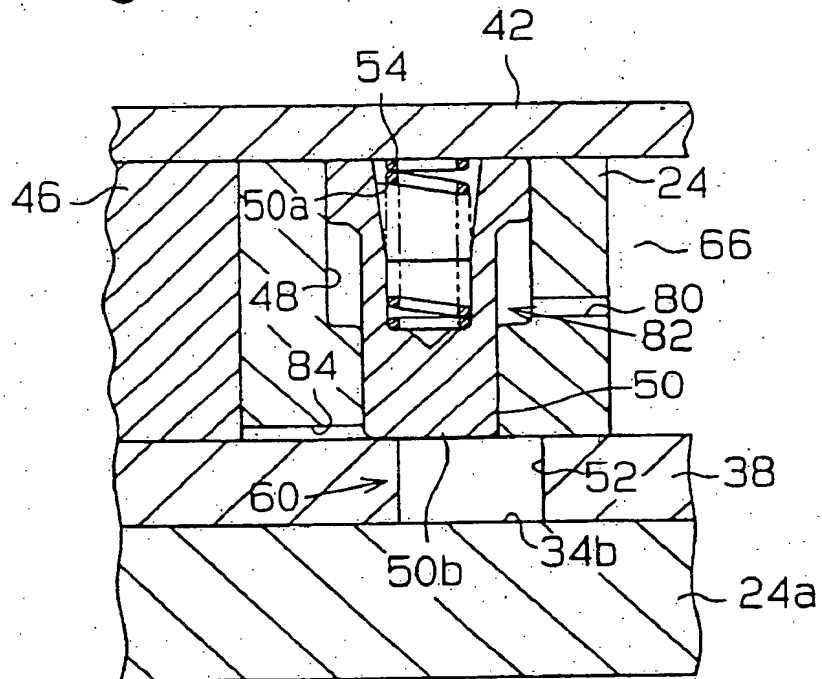


Fig. 6

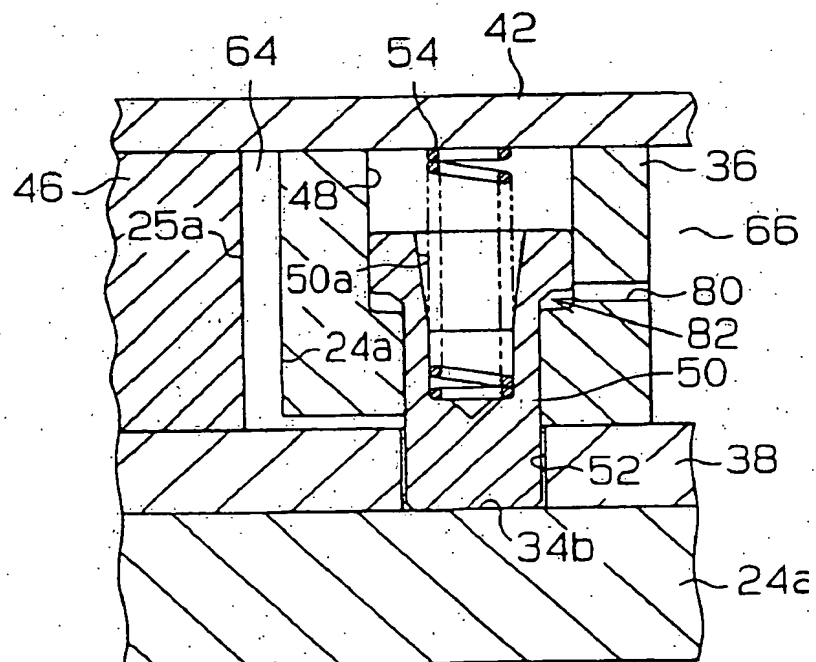


Fig. 7

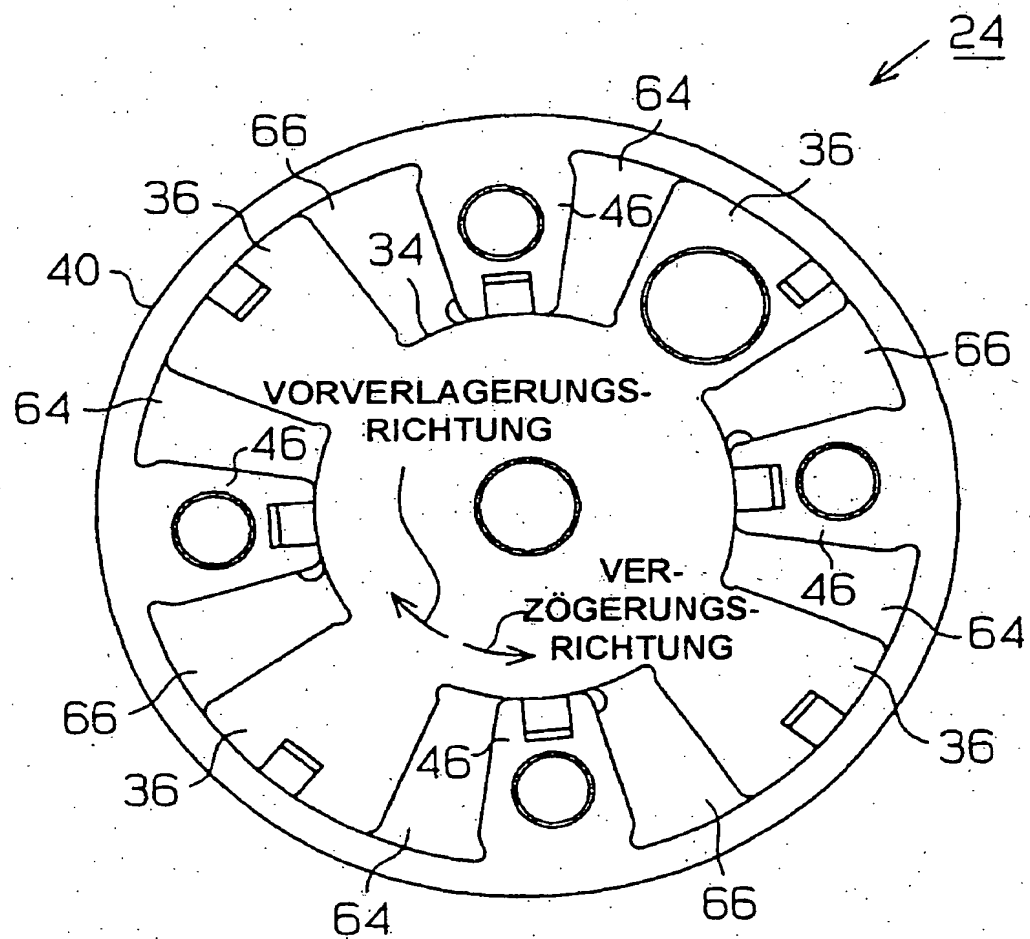


Fig. 9

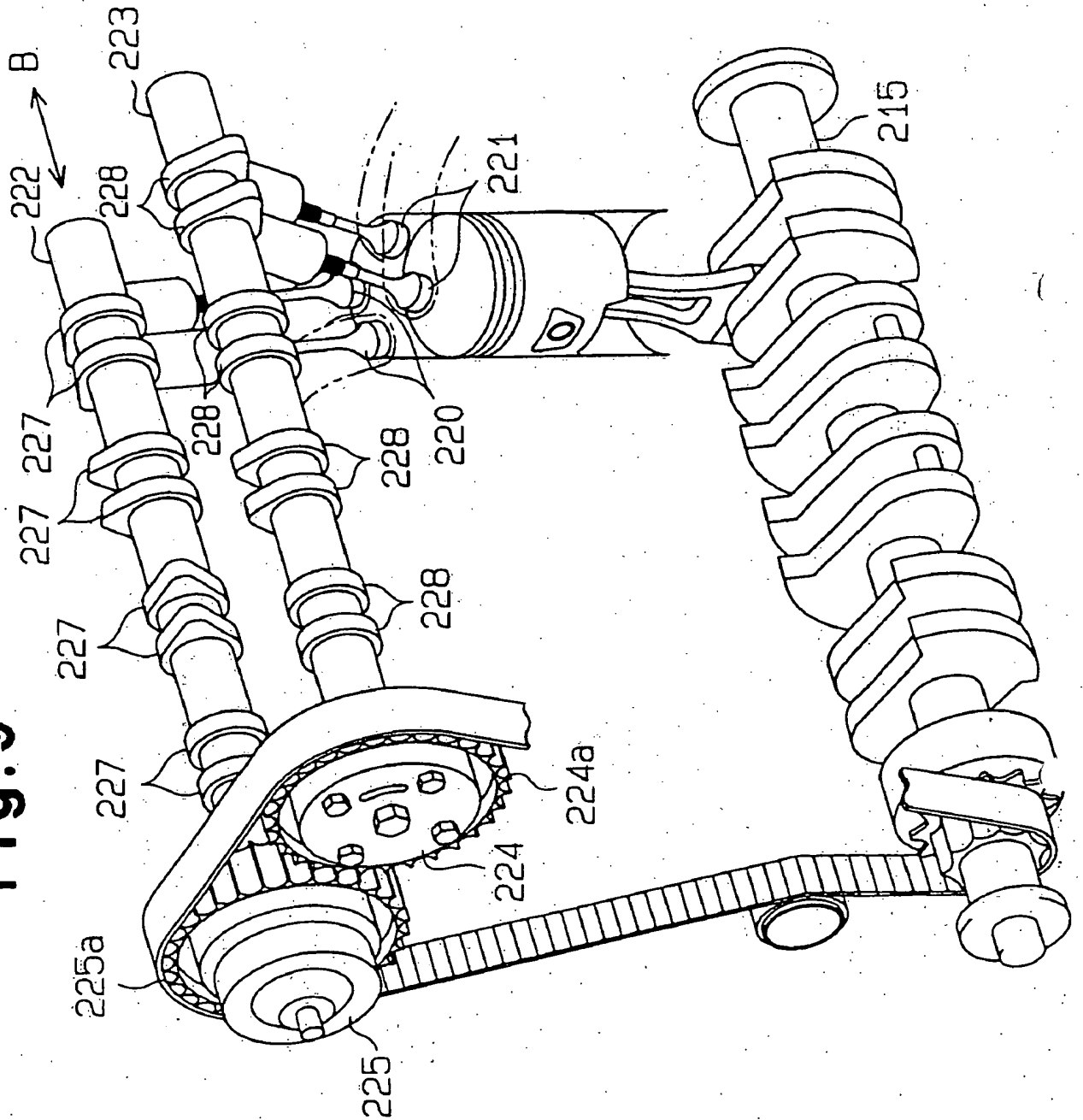


Fig.10

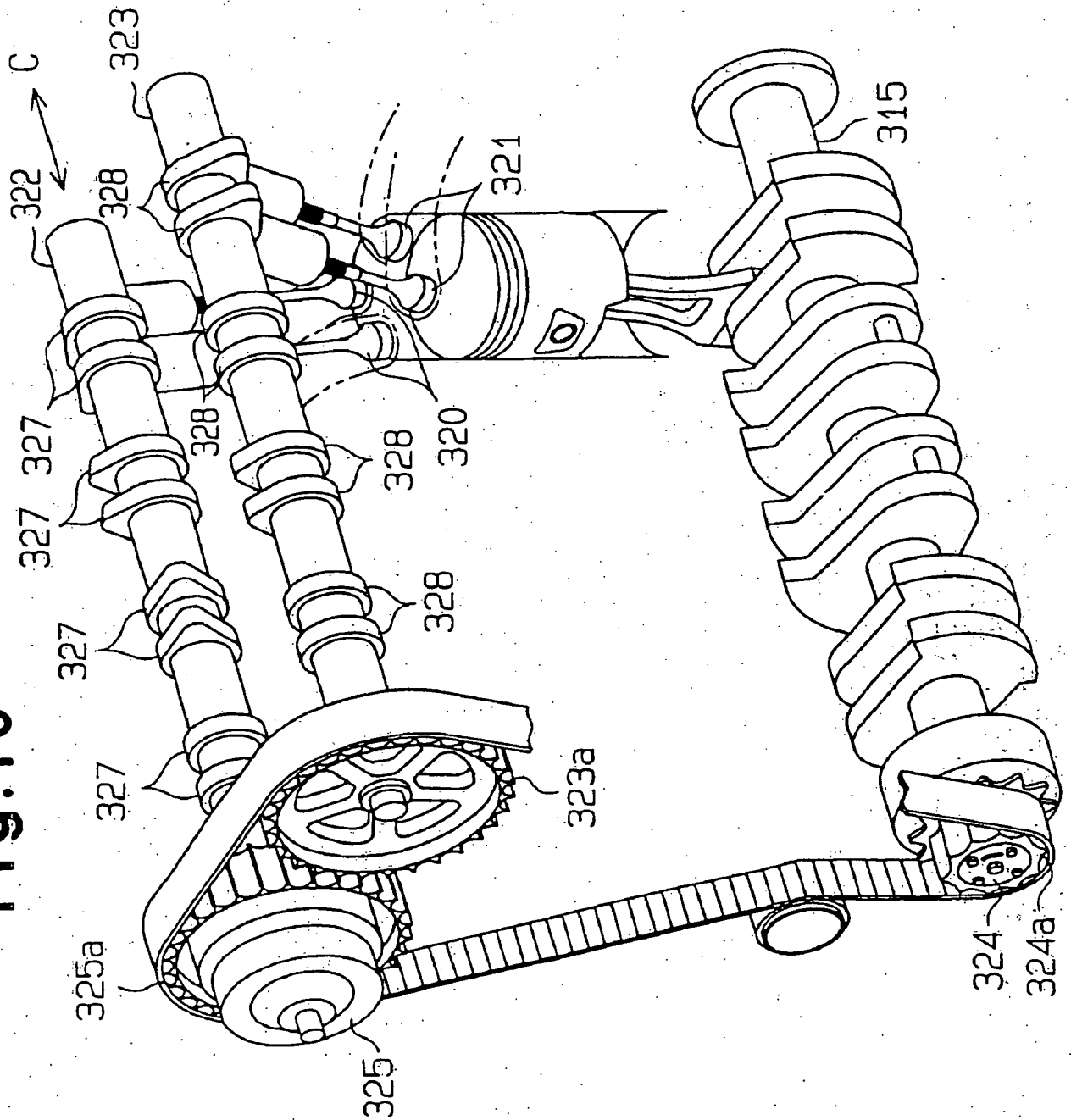


Fig. 11

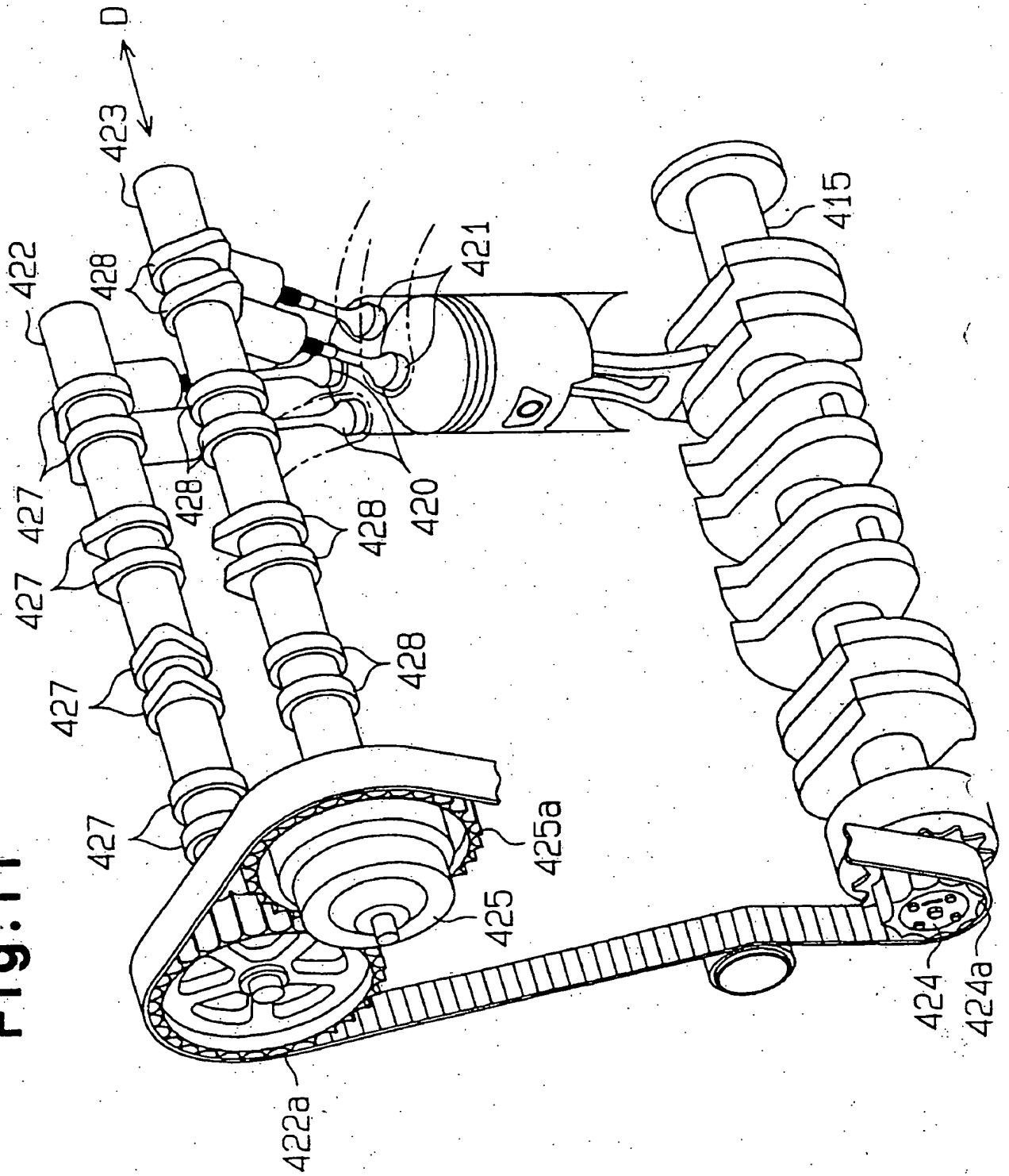


Fig. 12

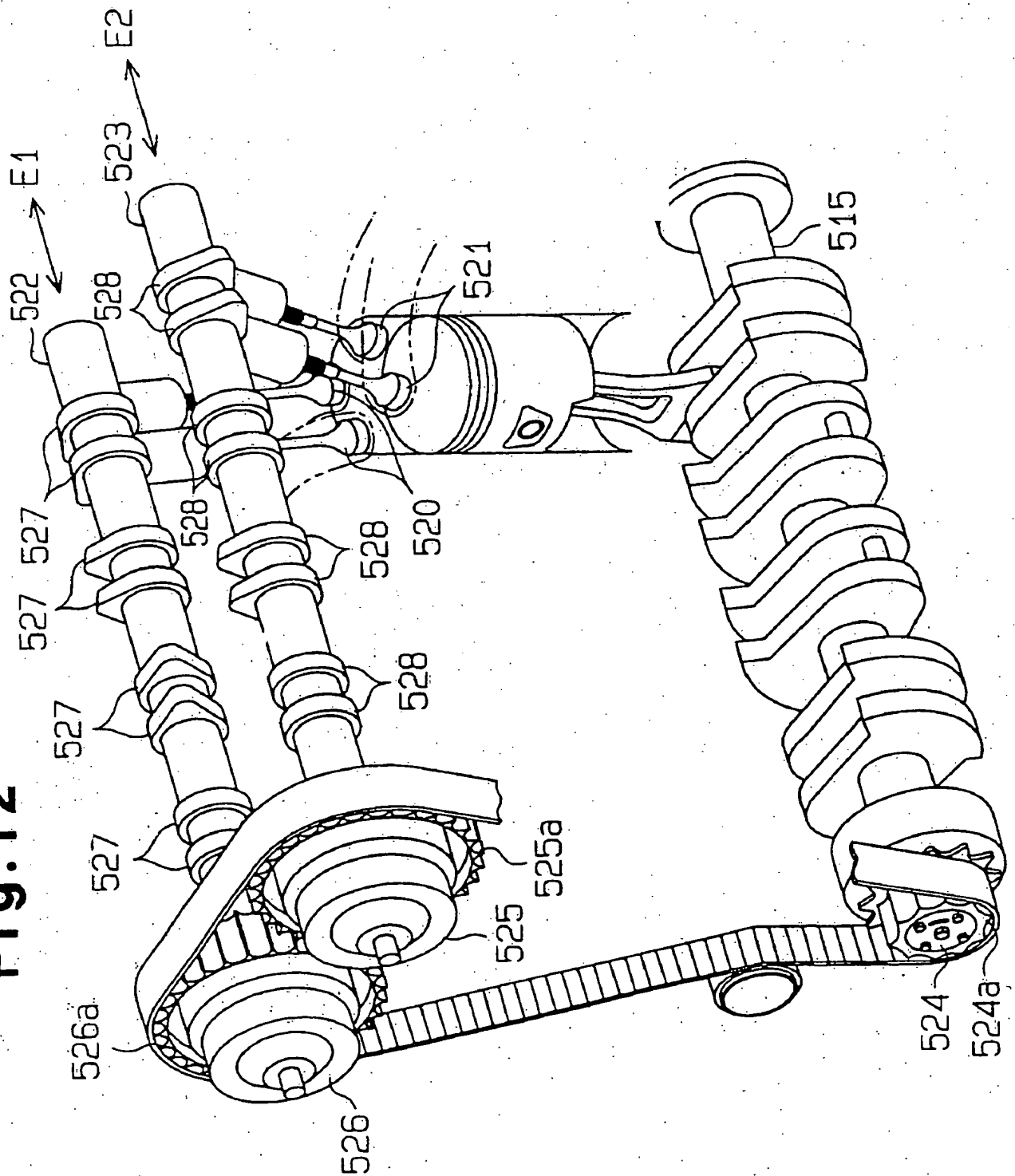


Fig. 13

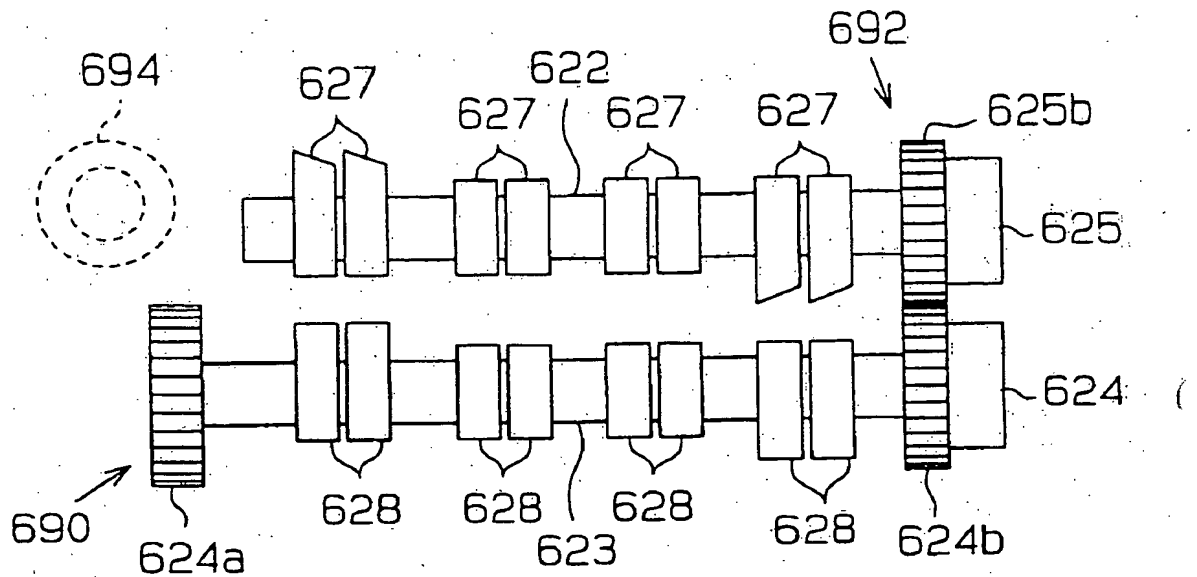


Fig. 14

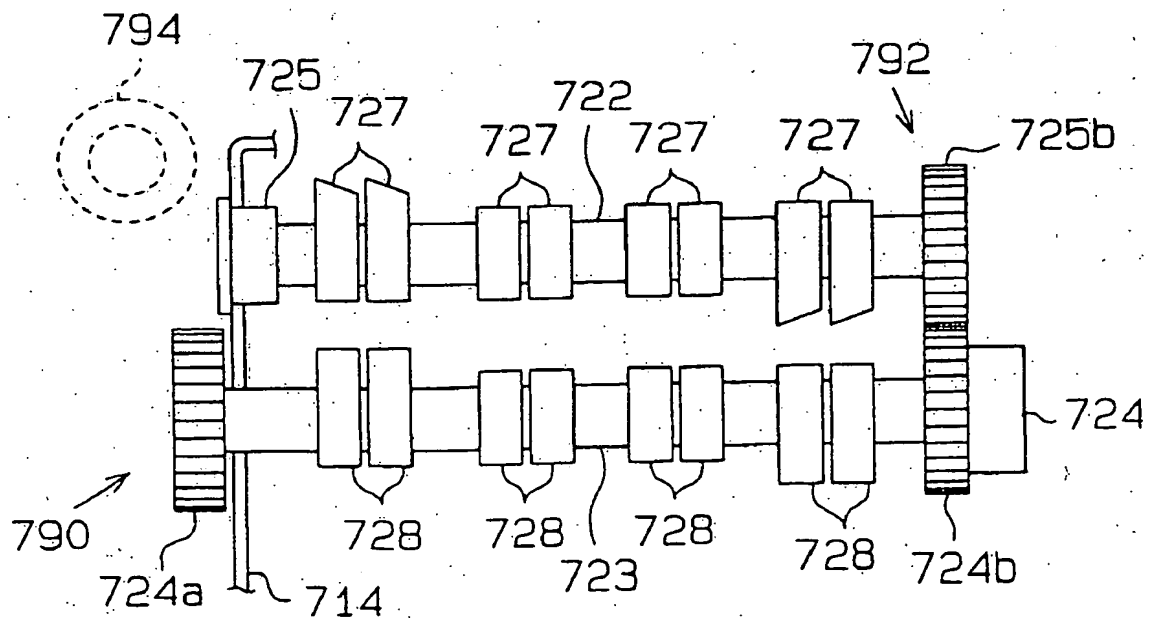


Fig. 15

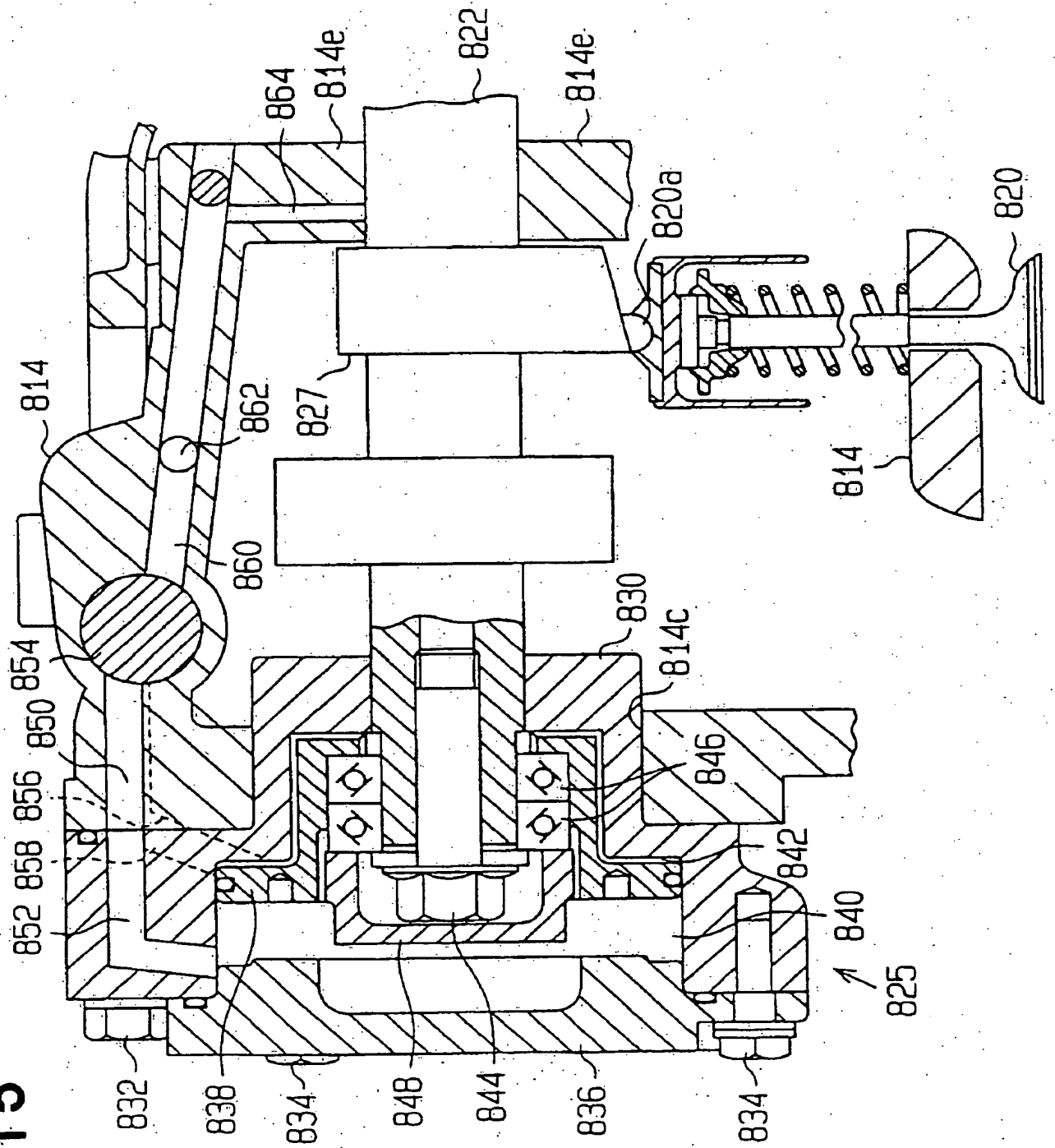


Fig. 16

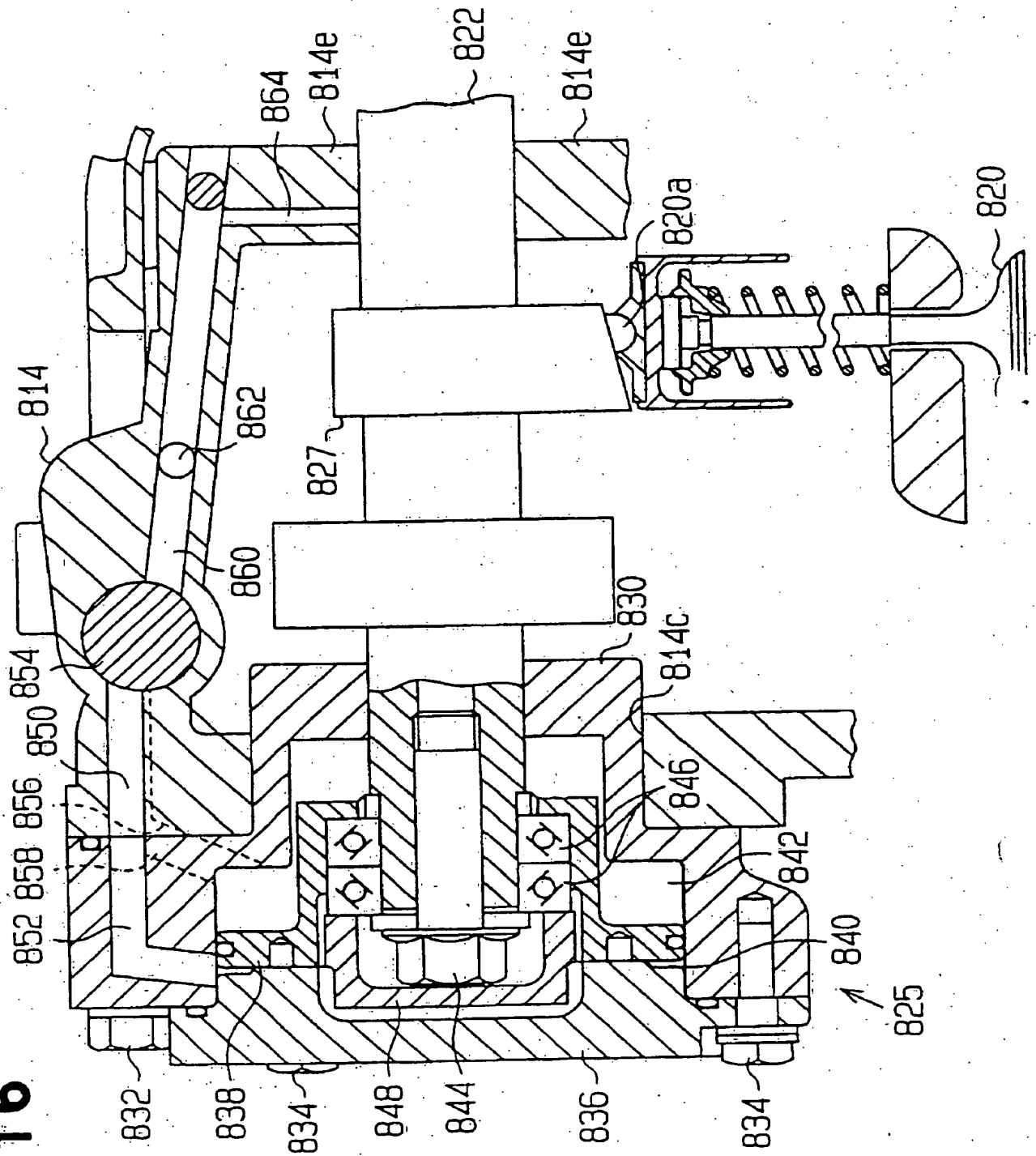


Fig.17

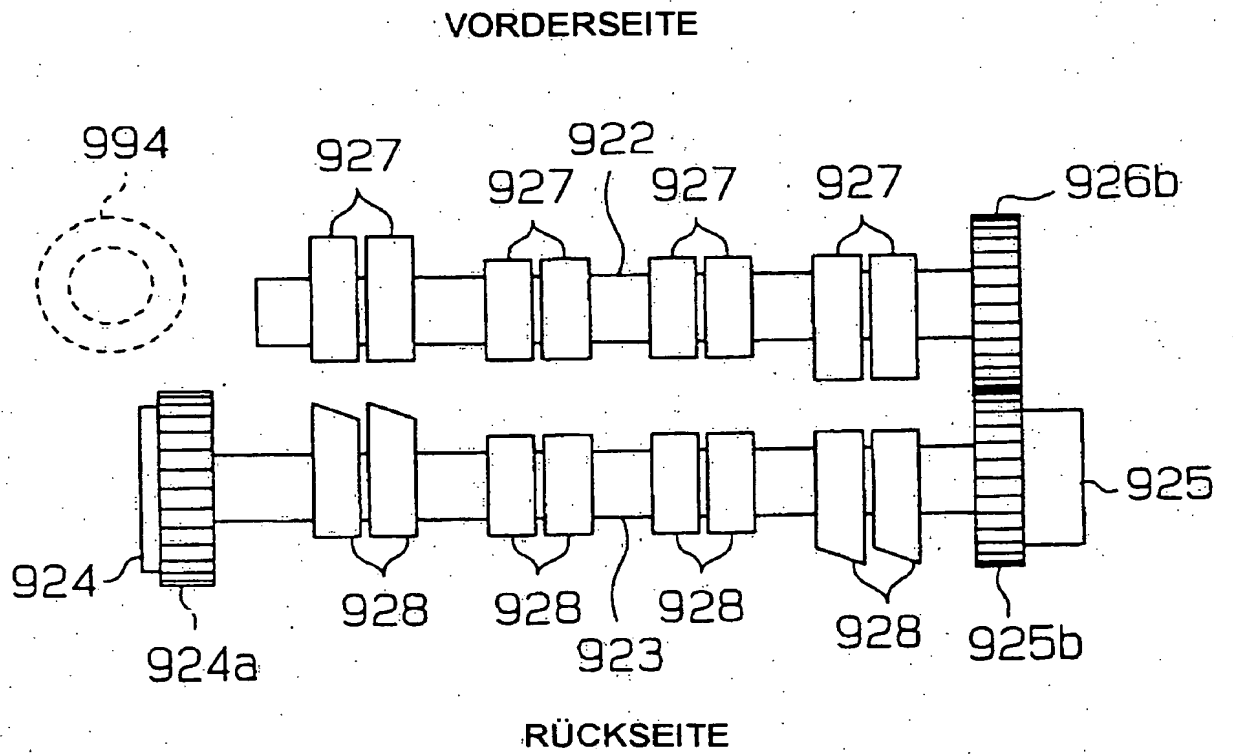


Fig. 18

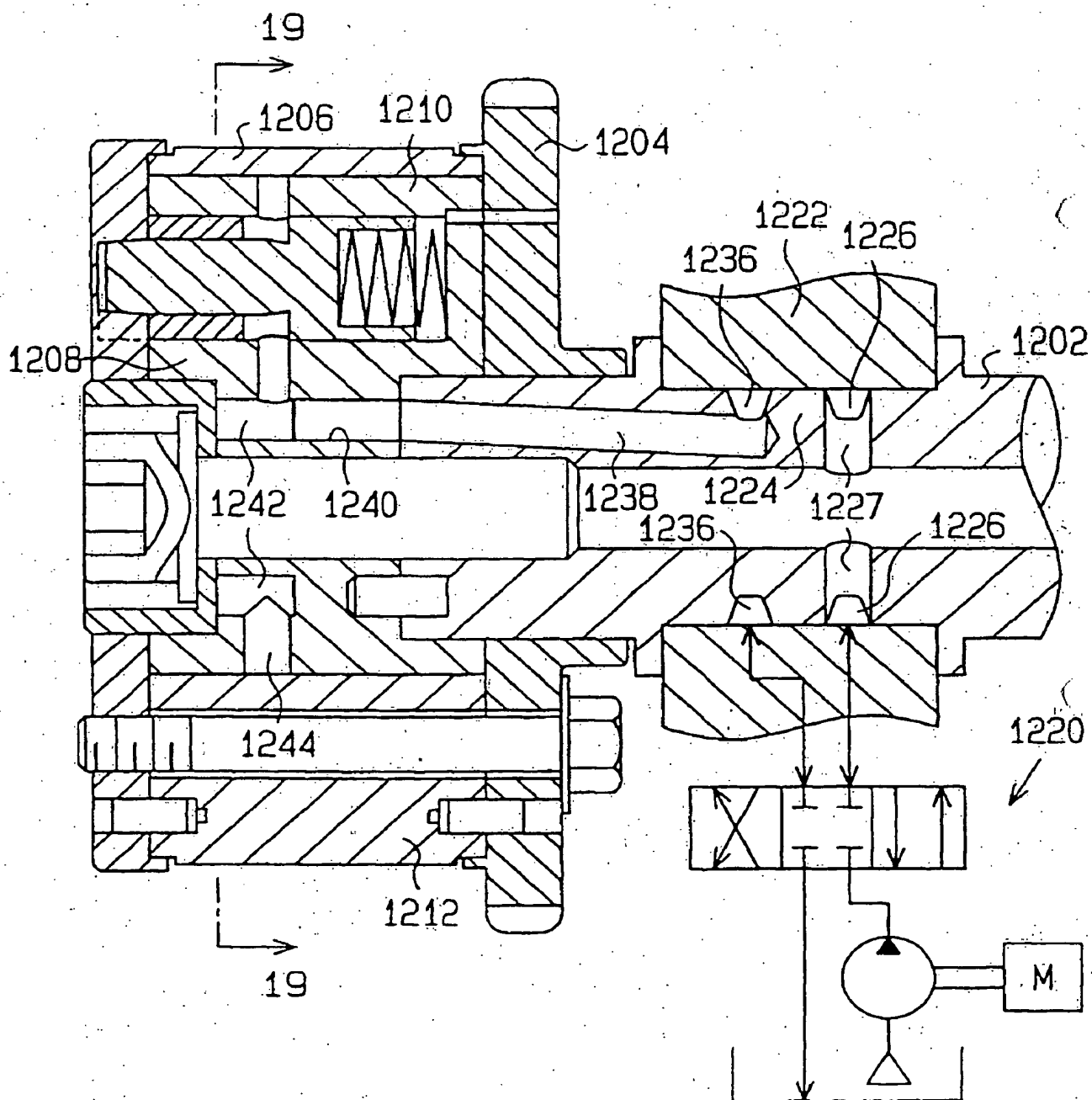


Fig. 19

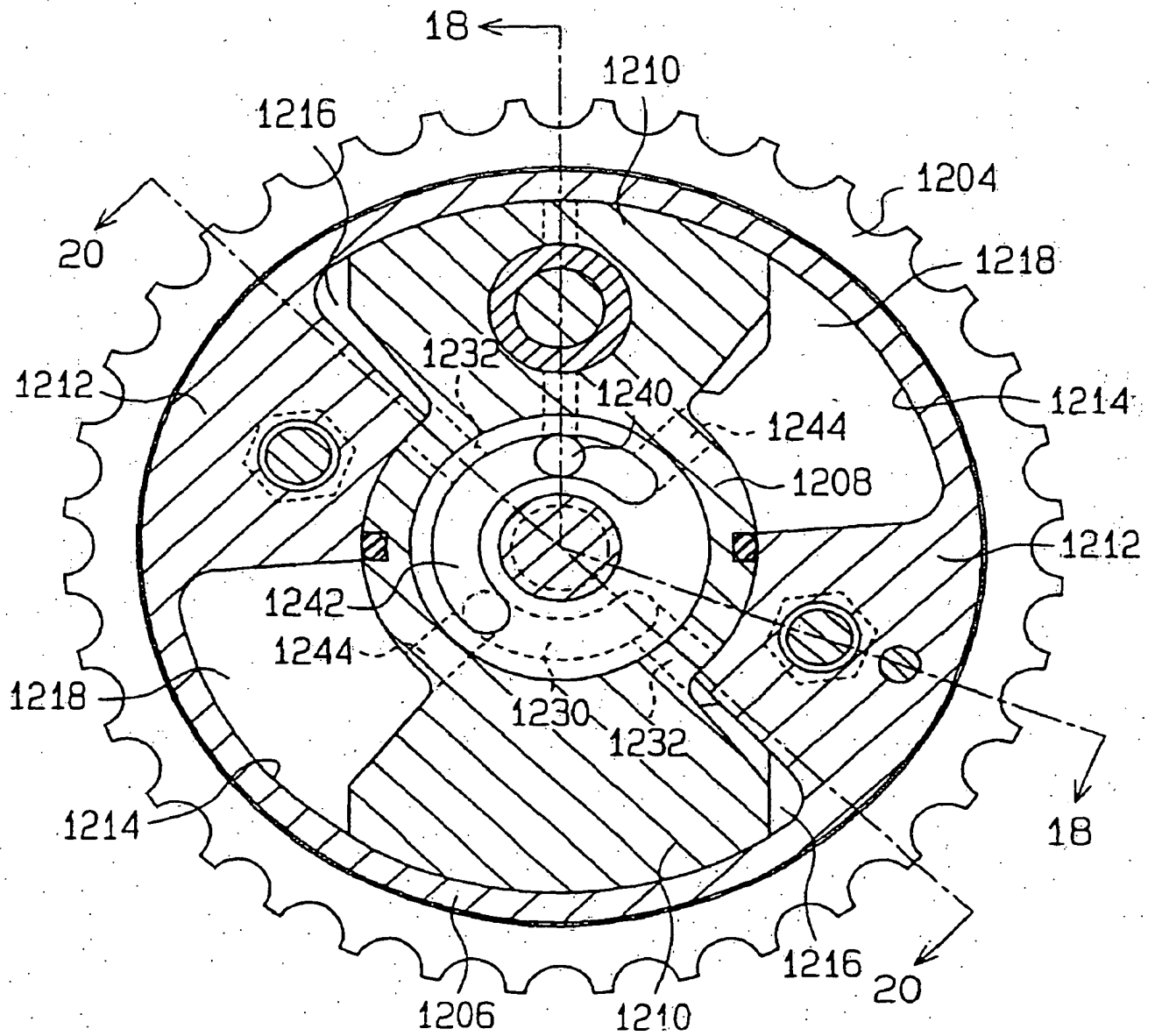


Fig. 20

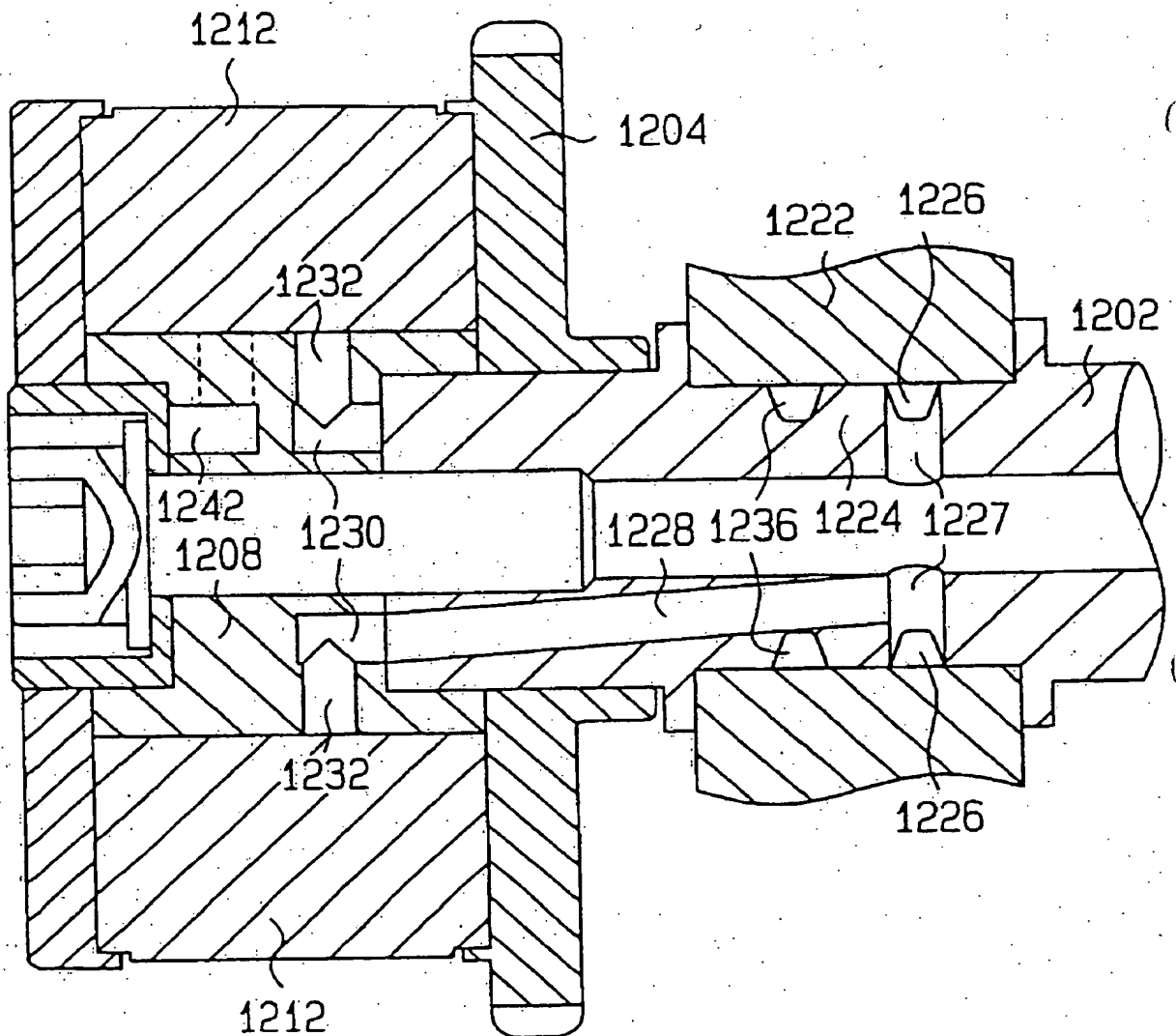


Fig. 21

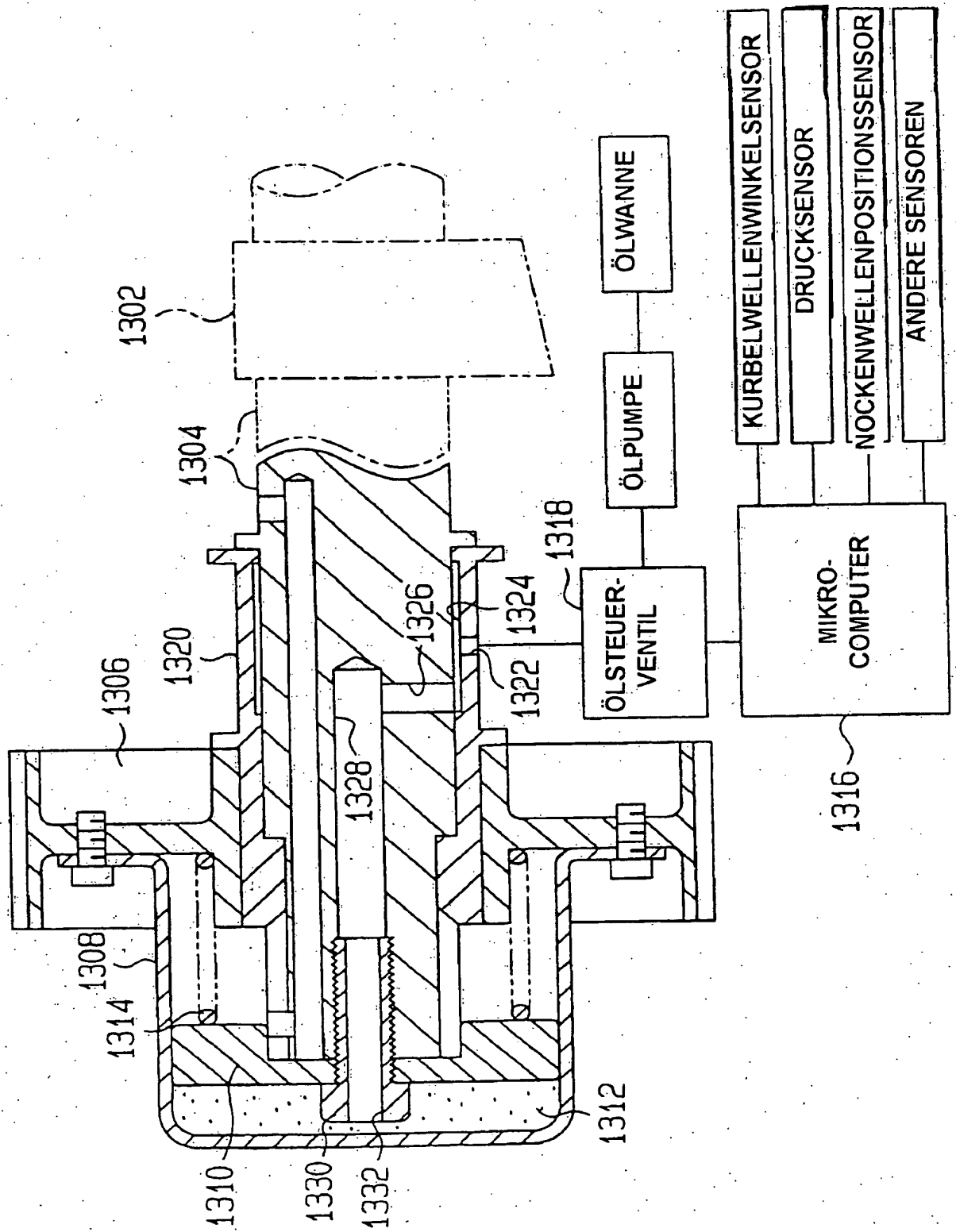


Fig. 22

